FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1961 **THÈSE** N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Mademoiselle BESSMANN Nicole, Adeline

Interne des Hôpitaux de Paris

née le 1er Octobre 1930 à PARIS XIIè

Présentée et soutenue publiquement le 27 Juin 1961

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES COURBES SPECTRALES D'EFFICACITE LUMINEUSE RELATIVE DANS LES DYSCHROMATOPSIES ACQUISES

Président : Monsieur le Professeur G. RENARD

PARIS - 1961

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1961 **THÈSE** N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Mademoiselle BESSMANN Nicole, Adeline

Interne des Hôpitaux de Paris

née le Ier Octobre 1930 à PARIS XIIè

Présentée et soutenue publiquement le 27 Juin 1961

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES COURBES SPECTRALES D'EFFICACITE LUMINEUSE RELATIVE DANS LES DYSCHROMATOPSIES ACQUISES

Président : Monsieur le Professeur G. RENARD

PARIS - 1961

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538123_0005

A MES PARENTS

A TOUTE MA FAMILLE

A MES AMIS

A MON MAITRE ET PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR G. RENARD

Professeur de Clinique Ophtalmologique à la

Faculté de Médecine de Paris

Officier de la Légion d'Honneur.

Qui m'a fait le très grand

honneur d'accepter la présidence

de cette thèse. En témoignage de

ma respectueuse gratitude.

A MES MAITRES

Monsieur le Professeur Agrégé P.DESVIGNES

Ophtalmologiste des Hôpitaux de Paris

Chevalier de la Légion d'Honneur.

Qui guida avec bonté et indulgence mes débuts dans la spécialité et me fit profiter de tout son enseignement. En témoignage de gratitud

Madame le Docteur S.BRAUN-VALLON

Ophtalmologiste des Hôpitaux de Paris

Chevalier de la Légion d'Honneur.

En remerciement pour l'exemple d'un travail rigoureux et pour les conseils éclairés qu'elle a bien voulu me prodiguer.
Qu'elle soit assurée de mon respectueux attachement.

Monsieur le Professeur Agrégé G. OFFRET

Ophtalmologiste des Hôpitaux de Paris

Chevalier de la Légion d'Honneur.

Qui m'a donné le sujet de ce travail. En témoignage de reconnaissance pour son enseignement.

Monsieur le Docteur M.A.DOLLFUS

Ophtalmologiste des hôpitaux de Paris

Officier de la Légion d'Honneur.

Qui m'a accueilli avec bienveillance dans son service et que j'espère ne pas décevoir.

A Monsieur le Docteur P.V.MORAX

Ophtalmologiste des Hôpitaux de Paris

Chevalier de la Légion d'Honneur.

Qui m'a obligeamment aidé de ses conseils.

A Madame le Docteur B.AUVERT, et

Messieurs les Docteurs L.POLIOT,

A.FOREST, Ophtalmologistes des

Hôpitaux de Paris.

En témoignage de reconnaissance pour leur enseignement.

A Madame le Docteur M.FONTAINE,

A Messieurs les Docteurs M.MASSIN,

G.HAYE, R.CAMPINCHI, Assistants

des Hôpitaux.

Au Professeur J. FRANCOIS

Chef de service de la Clinique

Ophtalmologique de GAND.

En remerciement pour l'accueil qu'il m'a réservé dans son service, et les moyens qu'il a mis à ma disposition pour effectuer ce travail.

Au Docteur G.VERRIEST.

En reconnaissance pour toute l'aide qu'il nous a apportée dans ce travail.

A MES MAITRES, dans les Hôpitaux de Paris.

Externat :

Monsieur le Professeur P.MOULONGUET

Monsieur le Docteur J.A.LIEVRE

Monsieur le Professeur J.LENEGRE

Monsieur le Professeur Agrégé J.TURIAF

Externat en premier :

Monsieur le Docteur A. HUDELO

Internat :

Monsieur le Professeur Agrégé P.DESVIGNES

Madame le Docteur S.BRAUN-VALLON

Monsieur le Professeur Agrégé G.OFFRET

Monsieur le Docteur M.A.DOLLFUS

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES COURBES SPECTRALES D'EFFICACITE LUMINEUSE RELATIVE DANS LES DYSCHROMATOPSIES ACQUISES

Dans une première partie nous nous proposons de voir :

- Quelques généralités concernant la vision normale

  Les impressions de luminosité

  et les impressions de couleurs

- Les moyens d'étude de la vision colorée
- Les principaux aspects des dyschromatopsies congénitales
- Avant d'envisager les dyschromatopsies acquises.

Quant à la seconde partie nous l'avons réservée à l'étude des courbes d'efficacité lumineuse relative au cours des déficits colorés acquis.

P R E M I E R E P A R T I E

CHAPITRE Ier

LA VISION NORMALE : IMPRESSIONS DE LUMINOSITE ET IMPRESSIONS DE COULEUR

On distingue dans la vision normale des états sensoriels différents, conditionnés par l'intensité de l'éclairage ambiant:

- la vision photopique
- la vision mésopique
- et la vision scotopique

En vision photopique et en vision mésopique, nous avons deux sortes d'impressions :

- des impressions de luminosité
- et des impressions de couleur

En vision scotopique, les impressions de couleur ont disparu : seules persistent les impressions de luminosité.

Nous verrons quelques notions générales concernant la luminosité et la couleur, qui du reste font l'objet de deux disciplines : la photométrie et la colorimétrie (x)

I. - Notions de photométrie

La lumière, qu'il nous soit permis d'en rappeler :

- La définition : c'est une énergie rayonnante propagée sous forme d'ondes électromagnétiques ou de particules, et qui est perçue par l'oeil.

- et quelques caractéristiques :
  la longueur d'onde
  et le flux énergétique, ainsi que quelques autres grandeurs qui en dérivent géométriquement, telle la luminance.

(x) Pour plus de précision, nous avons emprunté certaines définitions au vocabulaire de la Commission Internationale de

1 - La longueur d'onde.

Les longueurs d'onde de la lumière s'étalent schématiquement entre 380 et 750 mm (nm = 1 mu).

Une lumière possédant une seule longueur d'onde bien définie est dite monochromatique. Celle qui est émise par certaines sources se rapproche de cette condition car il s'agit d'une bande étroite de radiations que l'on peut assimiler à une longueur d'onde. D'autres sources émettent plusieurs longueurs d'onde très différentes et leur lumière est dite complexe ou hétérochromatique.

En fait la longueur d'onde d'une radiation monochromatique n'est pas constante, car elle dépend de l'indice de réfraction du milieu où elle se propage. Il serait plus approprié de se référer à la fréquence, mais la longueur d'onde a l'avantage d'être mesurée plus facilement.

2 - Le flux énergétique est défini comme la puissance émise, transportée ou reçue sous forme de rayonnement, abstraction faite de l'effet visuel éventuel.

Il s'exprime en watts et ne peut être confondu avec le flux lumineux, qui est exprimé en lumens et représente l'effet visuel du flux énergétique. Le flux lumineux est égal au produit du flux énergétique par un coefficient d'efficacité lumineuse : cette efficacité lumineuse s'exprime évidemment en lumen par watt.

La courbe d'efficacité lumineuse relative représente la variation de l'efficacité lumineuse d'après la longueur d'onde, la valeur maximum étant arbitrairement fixée à l'unité. La C.I.E a adopté une courbe moyenne, se rapportant à la vision photopique.

L'efficacité lumineuse et les valeurs de cette courbe de la C.I.E. sont également les facteurs par lesquels il faut multiplier une luminance énergétique (qui est une grandeur se rapportant à une source de rayonnement) pour obtenir la luminance (qui exprime donc l'effet visuel d'une luminance énergétique, l'oeil humain étant cependant dans l'impossibilité de chiffrer la différence entre deux impressions de luminosité).

L'unité de luminance actuellement recommandée est la candéla par mètre carré ou cd/M2 (I cd/m2 - 1 nit - IO-4 stilb).

On peut exprimer un seuil, c'est-à-dire la plus petite quantité de lumière qui donne lieu à une sensation de luminosité, soit en faisant appel à la luminance énergétique, soit à la luminance ; bien sûr, il est préférable de l'exprimer en lumi-

nance énergétique.

L'éclairement rétinien est habituellement exprimé en trolands et est alors défini comme le produit de la luminance (en cd/m2) par la surface pupillaire (en mm2).

S'il est établi que l'éclairement rétinien et la luminance sont des quantités proportionnelles, effectivement indépendantes des dimensions et de l'éloignement des objets, plusieurs facteurs autres que la surface pupillaire interviennent aussi sur la sensation de luminosité produite par un stimulus. Ce sont :

a) La transparence de l'oeil, autrement dit la transmission des milieux réfringents,

b) L'angle que font les rayons lumineux sur la rétine.

C'est Stiles et Crawford qui découvrirent en 1933 que deux pinceaux de lumière dirigée, de même flux, atteignant la même surface de la rétine, produisant donc le même éclairement rétinien, étaient perçus avec une luminosité différente lorsque leurs points de pénétration pupillaire étaient différents. En effet, la rétine est plus sensible aux rayons lumineux qui l'attaquent normalement qu'à ceux qui l'attaquent obliquement.

c) On ne peut également oublier que la luminance est une notion toute théorique se rapportant uniquement à la vision maculaire et photopique d'un observateur moyen fictif. En réalité l'impression de luminosité ressentie par un observateur réel est fonction d'une courbe individuelle d'efficacité lumineuse relative qui est elle-même conditionnée par la région rétinienne explorée et son état d'adaptation. Celui-ci est généralement photopique, si le niveau de luminance auquel l'oeil est adapté est d'au moins quelques cd/m2 ; il est scotopique, se ce niveau est inférieur à quelques centièmes de cd/m2 (seule la périphérie rétinienne est susceptible de s'adapter à cet état scotopique).

Rappelons que, sur une courbe d'efficacité lumineuse relative (fig.I) nous avons :

- en abcisses, les différentes longueurs d'onde du spectre visible ;

- en ordonnées, les efficacités lumineuses relatives, dont la valeur maximum est fixée à 1.

En vision photopique, le maximum de la courbe est à 555 nm environ, alors qu'en vision scotopique il est à 510 nm. Il est donc déplacé vers les longueurs d'onde courtes : c'est ce que l'on désigne sous le nom de Phénomène de Purkinje.

Ce dernier avait remarqué, en 1825, qu'une surface bleue, paraissant aussi claire qu'une surface rouge en vision photopique, semblait plus claire en vision scotopique. Ce phénomène n'existe qu'au niveau de la périphérie rétinienne et est absent au niveau de la fovéa, où la courbe d'efficacité lumineuse relative est toujours du type photopique.

De plus la comparaison des courbes d'efficacité et des sensibilités lumineuses photopiques et scotopiques montre que dans les longueurs d'onde courtes on a une sensation isolée de luminosité pour de faibles intensités lumineuses alors qu'une sensation de couleur nécessite une plus forte intensité.

Tout ceci nous conduit à la notion d'intervalle photochromatique, qui fut introduite par A. Charpentier. Il est défini comme le quotient des seuils de luminance énergétique nécessaires pour obtenir la sensation colorée et la sensation lumineuse.

Cet intervalle dépasse 100 pour les longueurs d'onde inférieures à 550 nm ; tombe à 10 pour 600 nm et s'annule vers 650 nm, si bien que les radiations rouges sont toujours vues rouges.

En vision fovéale la couleur serait toujours perçue et par là même l'intervalle photochromatique devrait y être inexistant. "A vrai dire il subsiste même dans la fovéa un léger intervalle photochromatique dû au fait général en psychologie qu'un stimulus doit toujours dépasser un peu le seuil absolu pour que le sujet puisse en apprécier les attributs" (Y.Le Grand)

II. - Notions de colorimétrie

La couleur peut être définie comme l'attribut de la sensation, qui nous permet de distinguer des différences de même nature que celles qui peuvent être provoquées par des modifications de composition spectrale.

Toutefois, la vision ne nous procure pas une analyse spectrale idéale de la lumière, car toute couleur perçue peut être reproduite par le mélange, dans des proportions convenables, de 3 autres lumières colorés quelconques, monochromatiques ou non, arbitrairement appelées primaires. Ce fait expérimental ne s'applique qu'à la vision maculaire et est soumis à deux restrictions :

- deux de ces primaires ne doivent pas reproduire la troisième

- la quantité utilisée d'une des primaires peut être

négative (x)

Cette "trivariance visuelle" fut mise en évidence au siècle dernier par Maxwell et Helmholtz : il s'agit bien d'un fait expérimental, sans lien avec les théories sur la vision des couleurs et c'est à Ives (I9I5) et Guild (I924) que revient le mérite d'avoir montré cela.

Chaque couleur perçue peut donc être définie par les proportions utilisées x, y, z des 3 primaires, pour autant que les répartitions énergétiques spectrales de celles-ci x,y,z soient elles-mêmes définies.

On peut représenter l'ensemble des couleurs perçues à l'aide d'un graphique dont les coordonnées sont rectangulaires ou non, la première représentation géométrique des coordonnées trichromatiques ayant été réalisée par Maxwell (I860) sous forme d'un triangle. Actuellement on fait généralement appel à des coordonnées rectangulaires où les valeurs de x sont portées en abcisses, et celles de y en ordonnées. La somme de x, y, z étant toujours égale à l'unité, la valeur de z peut toujours être déduite de celles de x et y.

Le système de la C.I.E. (I93I) est basé sur les résultats moyens de Wright et Guild, obtenus chez 17 sujets normaux. Les répartitions de x, y, z, (fig.2) ont été choisies de telle sorte que y soit identique à la courbe d'efficacité lumineuse relative photopique et que toutes les couleurs spectrales soient inscrites à l'intérieur du triangle.

Les couleurs spectrales sont situées sur une ligne courbe appelée lieu des radiations monochromatiques, dont une des extrémités correspond au violet et l'autre au rouge. Les 2 extrémités peuvent être reliées par une droite ou ligne des pourpres (qui sont des teintes non spectrales).

Si l'on considère cette ligne courbe, où sont réparties les différentes couleurs spectrales allant du violet au rouge en passant par le vert et le jaune, les teintes violettes, rouges, vertes, jaunes correspondent à la qualité de la sensation que l'on désigne par tonalité (hue).

Si l'on compare la répartition des couleurs spectrales le long de cette ligne courbe, on s'aperçoit que les longueurs

---

(x) Ainsi si Lc est la luminance du champ de comparaison et Lm celle du champ où se fait le mélange des 3 primaires de luminances respectives x, y et z on peut écrire, en vertu de la loi d'additivité de Grassmann, Lc = Lm + x + y + z.
Si l'on doit ajouter la troisième primaire au champ de comparaison on a Lc + z = x - y soit Lc = x + y - z.

d'onde sont espacées dans le bleu et le vert ; par contre, elles sont très ramassées dans le rouge. Là un très grand domaine de longueurs d'onde est perçu comme un rouge toujours identique, le seuil différentiel pour la tonalité étant très élevé à ce niveau (x).

Si maintenant on considère les points inscrits dans le triangle on s'aperçoit qu'ils correspondent à des teintes de moins en moins saturées à mesure que l'on se rapproche du centre du graphique. Ce centre correspond d'ailleurs au blanc. La sensation blanche ne répondant pas à une stimulation physique, on définit actuellement le blanc en l'assimilant à la répartition spectrale du corps noir porté à 6500° K. Le point correspondant du graphique est indiqué par la lettre C. Donc la saturation peut se définir comme le caractère "coloré" d'une teinte par rapport au blanc (x).

Enfin, dans ce graphique toute ligne droite tracée entre deux points représente tous les mélanges possibles entre les teintes correspondant à ces deux points. La teinte correspondant à un troisième point pris sur cette ligne peut être obtenue par le mélange des deux teintes extrêmes, dans des proportions correspondant aux longueurs respectives des deux segments de la ligne droite, de part et d'autre de ce point. On appelle complémentaires deux teintes dont le mélange donne du blanc, autrement dit deux teintes qui sont réunies sur le graphique par une droite passant par le point C.

Le diagramme C.I.E. a été établi pour un niveau donné de luminance, mais peut s'appliquer néanmoins, sans déformations notables, à une échelle très étendue de luminances. En dehors de ce domaine la vision colorée se trouve altérée et l'on doit se référer alors au "solide des couleurs" par introduction d'une troisième dimension, ceci en raison du phénomène de Bezold-Brücke Il fut décrit par Bezold en 1873 et Brücke en 1878. Ces auteurs avaient constaté qu'une variation du niveau lumineux modifiait les teintes. C'est ainsi que l'augmentation de la luminance fait jaunir le rouge, et fait tendre vers le bleu le bleu-vert et le violet.

(x) La courbe des seuils différentiels pour la tonalité (fig.3) représente pour chaque longueur d'onde la plus petite variation qui puisse être perçue. D'après Pitt et Wright le seuil la courbe aurait trois minima, situés à 442, 495 et 595 nm.

(x) La courbe des seuils différentiels pour la saturation (fig.4) représente pour chaque longueur d'onde la quantité de cette longueur d'onde qu'il faut ajouter à un blanc donné pour que la teinte soit juste perçue. Chapanis a trouvé que la saturation était minimale pour 565 nm, dans le jaune donc. Les teintes spectrales ne sont donc pas également saturée : le violet est le plus saturé, et le rouge l'est aussi beaucoup.

Tout ceci montre que si l'on peut distinguer d'une part les impressions de l'uminosité et d'autre part les impressions de couleur, cela nécessite souvent une abstraction mentale, et qu'en fait il existe des relations entre les deux.

C H A P I T R E II

LES MOYENS D'ETUDE DE LA VISION COLOREE

Nous ne parlerons que des principaux, ceux qui sont employés le plus fréquemment.

I - Les atlas pseudo-isochromatiques doivent être lus, ainsi que tous les tests pigmentaires, sous un éclairage "illuminant C" ; en pratique, on peut se contenter de la lumière du jour donnée par une fenêtre exposée au Nord. Nous ne citerons que quelques-uns de ces atlas, car il sont très nombreux.

1) Atlas d'Ishihara. Nous emprunterons la classification des planches employée par J.François et G.Verriest.

	7e édition	édition de 1959
Planches de démonstration ou de simulation (S)	1	1 et 24
Planches de confusion (C)	2 à 5, 14	2 à 7, 22, 23
Planches d'épreuve (E)	6 à 9, 15	8 à 13,20, 21
Planches de contre épreuve (CE)	10, 11, 16	14, 15, 19
Planches de discrimination : protan (P) et deutan (D)	12, 13	16 à 18

Le tableau ci-dessous résume les lectures caractéristiques de ces planches en ce qui concerne les déficits congénitaux pour lesquels elles ont été conçues.

(Voir tableau ci-contre)

Planches	Lisibles pour		Illisibles pour	
De stimulation (S)	Tous les sujets			
De confusion (C)	Lecture différente pour les normaux et pour les protans et deutans, mais sans différenciation entre les deux types			
D'épreuve (E)	Les normaux		Les protans et deutans (sans différenciation)	
De contre-Epreuve (CE)	Les protans et deutans (sans différenciation)		Les normaux	
De discrimination: Protan (P) Deutans (D)	Chiffres de gauche (rouges) les Nx et deutans	Chiffres de droite (pourpres) les Nx et protans	Chiffres de gauche (rouges) les protans	Chiffres de droite (pourpres) les deutans

2) - L'atlas de Polack comporte un grand nombre de planches associant des teintes différentes, de telle sorte qu'il permet généralement une différenciation entre les types protan et deutan, contrairement à l'atlas d'Ishihara. Nous donnons ci-dessous la classification des planches :

Confusion (C) 34 à 44

Epreuve (E) 25 à 33

Contre-épreuve (CE) 45 à 50

Protan (P) 01 (N), 02, 03, 04, 08, 10 à 12, 15, 18, 19 21, 22.

Deutan (D) 01 (D), 05 à 07, 09 à 13, 14, 16, 17, 20 23, 24.

3) - L'atlas de Hardy, Rand et Rittler (AO H-R-R) permet une très bonne différenciation des différents types, mais l'appréciation de la gravité de la déficience est sujette à caution, tout comme pour l'Ishihara et le Polack.

4) - Le tritan-plate de Farnsworth (A polychromatic plate for detecting congenital tritanomalous color vision) est une planche couverte de pastilles pourpres, bleues et vertes, ces deux dernières délimitant deux carrés. Normalement le carré vert est vu plus nettement que le carré bleu. Chez les tritans,

il y a une invisibilité incomplète ou complète du carré vert, tandis que chez les protans et deutans c'est le carré bleu qui est invisible.

II - Le Panel D I5 de Farnsworth est constitué par une série de I6 pions dont les teintes ont été empruntées à l'atlas de couleurs de Munsell . Grâce à des mesures spectro-photométriques, on connaît leurs localisations dans le diagramme C.I.E Sous un éclairage C, ils sont à peu près équidistants quant à la tonalité tout autour du point C et ils ont tous une saturation à peu près identique. Ce test permet de mettre rapidement en évidence les lignes de confusion des dyschromatopsies ; toutefois les formes légères passent inaperçues.

III - Le IOO Hue de Farnsworth-Munsell est fait de 4 boîtes, comportant en tout 85 pions. Leurs teintes ont également été prélevées dans l'atlas de Munsell, et elles sont aussi plus ou moins équidistantes quant à la tonalité, tandis que leurs saturations sont aussi plus ou moins égales sous l'éclairage C.

Ici, on ne met pas en évidence les lignes de confusions, à l'encontre de ce qui a lieu avec le Panel D I5, car on ne présente qu'un quart de la collection à la fois. de ce fait, on ne donne pas les couleurs complémentaires en même temps, et le sujet classera les pions suivant sa courbe de seuils différentiels pour la tonalité.

On étudie le nombre d'erreurs (apprécié par le chiffre Index) mais on se basera surtout sur la localisation des erreurs, donc sur l'aspect du schéma. Ce dernier est essentiellement bipolaire dans les déficits congénitaux, le maximum des erreurs étant à angle droit sur les zones neutres, puisque ces dernières correspondent aux meilleurs seuils différentiels pour la tonalité.

IV - Le modèle I de l'anomaloscope de Nagel offre à l'observateur, en vision dirigée, un champ circulaire de 2°IO' de diamètre.

La moitié supérieure du champ contient des proportions variables d'une radiation verte (546 nm) et d'une radiation rouge (67I nm). Si le bouton gauche est à O, on n'a que la radiation verte, s'il est à 73, on n'a que la radiation rouge : les positions intermédiaires correspondent à des mélanges proportionnels des deux radiations.

La moitié inférieure du champ ne peut offrir qu'une radiation jaune de 589,3 nm. La luminance de cette partie du champ est réglée par la position du bouton droit, la position O

donnant une luminance nulle et la position 87 une luminance maximale.

Un sujet normal peut réaliser une égalisation parfaite des deux champs. C'est l'équation de Rayleigh, qui correspond à des positions bien définies du bouton gauche et du bouton droit. On obtient une équation normale moyenne si l'on calcule la valeur moyenne des lectures obtenues chez un certain nombre de sujets normaux.

La détermination de toutes équations possibles entre la plage supérieure et la plage inférieure permet d'établir le diagnostic de toutes les dychromatopsies congénitales, sauf les types tritans.

En effet, les Protanomaux et les deutéranomaux n'acceptent pas l'équation moyenne normale ; pour égaliser les deux champs, ils doivent modifier la proportion de rouge et de vert dans le champ supérieur. Cette modification permet de calculer un quotient d'anomalie à l'aide de la relation :

$$Q = \frac{\frac{73-a'}{a'}}{\frac{73-a}{a}}$$

- où Q est le quotient d'anomalie,
- a la position du bouton gauche (vert - rouge) dans l'équation normale moyenne,
- s' la position du bouton gauche adoptée par le sujet.

Chez les sujets normaux Q est toujours voisin de 1

Chez les protanomaux il est 0,65

Chez les deutéranomaux il est I,3

Les protanopes et les deutéranopes acceptent l'équation normales moyenne. D'autre part, contrairement aux sujets normaux, ils peuvent égaliser le rouge pur (bouton gauche à 73) et le vert pur (bouton gauche à 0) en donnant des positions appropriées au bouton droit.

Pour égaliser le rouge au jaune, le protanope donnera à ce dernier une luminance très faible, tandis que le deutéranope fera appel à une luminance similaire à celle utilisée dans l'équation normale moyenne.

En réalité chaque équation réalisée à l'anomaloscope est caractérisée par une certaine latitude, que l'on appelle largeur de la zone d'équation. Chez les sujets normaux, son étendue correspond à moins de 5 divisions du bouton gauche. Dans les cas pathologiques (autres que les systèmes mono- et dichromatiques), on constate parfois que la zone devient de plus en plus étendue (jusqu'à atteindre parfois les équations avec le rouge pur et le vert pur), lorsque le sujet continue à regarder le champ d'observation ("Umstimmung"). Si à ce moment on fait regarder une surface lumineuse blanche ("Neutralstimmung"), la zone d'équation redevient plus étroite ; ce phénomène est appelé asthénopie colorée. Dans d'autres cas, la "Neutralstimmung" ne normalise pas la largeur de la zone d'équation cette largeur anormale est alors appelée amblyopie colorée. L'asthénopie et l'amblyopie colorée sont souvent associées. Elles peuvent se rencontrer chez des sujets par ailleurs tout à fait normaux et constituent alors des formes mineures de dyschromatopsie congénitale. Ils peuvent aussi se rencontrer chez des protanomaux et des deutéranomaux, qui sont alors souvent appelés extrêmes.

Enfin, le modèle II de l'anomaloscope de Nagel permet les mélanges entre une radiation bleue-verte et une radiation indigo égalisant une radiation de longueur d'onde intermédiaire.

Les tritanopes peuvent égaliser ces trois radiations, tandis que les tritanomaux utilisent trop d'indigo pour reproduire le bleu, L'emploi du modèle II se heurte toutefois à deux difficultés :

- l'équation est très différente d'un sujet normal à l'autre, en raison de l'état du cristallin notamment,

- le bleu-vert spectral est plus saturé que le mélange des deux autres radiations : pour bien faire, il faudrait pouvoir ajouter du blanc à la radiation de comparaison.

V - La perception entoptique de la macula ou phénomène de Maxwell. En employant la technique de Walls et Mathews (I952) et l'éclairage "illuminant A", on voit normalement une tache rouge, souvent entourée par un halo de même couleur.

Chez les protans congénitaux la tache est vue bleue ; chez les deutans et chez les achromates congénitaux, le phénomène est absent.

VI - La périmétrie colorée permet d'étudier la discrimination colorée au niveau de la périphérie rétinienne, mais elle est de technique délicate, le sujet devant signaler uniquement la perception de la couleur du test. Et elle est sur-

tout d'interprétation discutée, la périmétrie colorée étant moins bien codifiée que la périmétrie blanche et plus sujette à des variations individuelles ou inhérentes aux conditions d'examen.

VII - L'étude de l'électro-rétinogramme photopique, réalisée à l'aide de stimuli de grande longueur d'onde ou à l'aide d'une adaptation préalable à la lumière, permet de montrer une altération de l'onde b1 dans les déficits congénitaux de type protan et dans certaines dyschromatopsies.

- ooOoo -

Nous terminerons en disant la nécessité d'employer conjointement plusieurs des tests que nous venons de décrire. Les planches pseudo-isochromatiques et les tests de Farnsworth constituent un matériel de dépistage indispensable dans une consultation d'orientation professionnelle et même en consultation ophtalmologique journalière. Pour la classification des dyschromatopsies, on s'aidera du Panel D 15, du 100 Hue et si possible de l'anomaloscope.

Même si l'on emploie tous les tests précités, le diagnostic restera présomptif en cas de déficiences typiques. Dans ce cas, une classification exacte exige un appareil de laboratoire qu'on appelle colorimètre, par exemple le colorimètre de Helmholtz.

C'est un spectroscope multiple qui permet d'étudier toutes les fonctions de la vision colorée, comme :

- les courbes spectrales de seuils différentiels pour la tonalité et pour la saturation ;

- le calibrage de la totalité ou d'une partie du spectre visible à l'aide d'une ou plusieurs primaires (on trouvera qu'un dyschromate peut reproduire tout le spectre à l'aide de deux primaires, que le quotient d'anomalie d'un trichromate anormal congénital varie d'après la longueur d'onde du champ de comparaison, tandis que le quotient d'anomalie d'une dyschromatopsie acquise reste constant) ;

- les courbes d'efficacité lumineuse relative (comme nous le reverrons au chapitre VI)

C H A P I T R E III

LES DYSCHROMATOPSIES CONGENITALES

Les dyschromatopsies congénitales sont des anomalies congénitales et héréditaires de la vision, atteignant généralement la totalité des deux champs visuels mais de localisation strictement oculaire et ne s'accompagnant en règle d'aucune anomalie macroscopique de l'oeil, du fond d'oeil ou de l'organisme. Elles sont non évolutives au cours de la vie.

Ce sont donc des anomalies fonctionnelles, héréditaires et fixes, en règle, bilatérales.

Les formes les plus graves de dyschromatopsie congénitale furent signalées dès la deuxième moitié du XVII siècle : il s'agissait de cas d'achromatopsie congénitale. Ce n'est qu'ultérieurement que les formes moins sévères furent rapportées :

- Dalton fit son auto-observation en I794 ;

- Rayleigh constate en I88I que certains sujets possèdant une trivariance visuelle n'ont cependant pas une vision colorée normale. Lui-même était un trichromate anormal et fit aussi son auto-observation.

- Enfin, c'est surtout au début du XXème siècle que les autres types de dyschromatopsie congénitale furent décrits.

Nous ne verrons que les traits principaux de ces anomalies prenant pour exemple les formes typiques, laissant volontairement sous silence certains types rares qui peuvent être considérés comme des formes de transition.

Nous verrons successivement :

- la classification des dyschromatopsies congénitales

- les principaux caractères de chaque variété

- et, pour terminer, l'importance et la technique de leur dépistage.

1) La classification des dyschromatopsies congénitales repose sur les recherches de Maxwell et d'autres auteurs.

Maxwell démontra que les dyschromatopsies congénitales peuvent être distinguées en 3 groupes, suivant :

- qu'une seule primaire

- deux primaires

- ou trois primaires doivent être utilisées par le sujet atteint pour reproduire toutes les couleurs qu'il perçoit.

A - Une seule primaire est elle nécessaire, on dit que l'on a affaire à un monochromatisme ou mieux à une achromatopsie, car ces sujets sont en fait dépourvus d'impressions de couleur et ne perçoivent que des impressions de luminosité. Dans la forme typique, la vision est toujours de type scotopique, quelles que soient les conditions d'observation.

B - Si deux longueurs d'onde sont nécessaires, il s'agit d'un dichromatisme.

Seebeck, en I837, classa les dichromates en 2 groupes :

- les uns relativement peu sensibles aux grandes longueurs d'onde et voyant donc le spectre raccourci dans le rouge,

- tandis que pour les autres le spectre est d'étendue normale.

Von Kries (I897) les appela respectivement :

- protanopes (anomalie correspondant à l'auto-observation de Dalton)

- et deutéranopes

auxquels se sont ajoutée

- les tritanopes (bien connus depuis le travail de Wright)(I952)

- et les tétartanopes (d'existence contestée mais soutenue par Judd en I949, cet auteur ayant repris et classé dans cette nouvelle entité d'anciennes observations).

C - Enfin, si trois longueurs d'onde sont nécessaires pour reproduire toutes les couleurs, mais si tout se passe comme si la perception d'une des primaires était affaiblie, il s'agit d'un trichromatisme anormal.

Parmi les trichromates anormaux on distingue :

- les protanomaux
- les deutéranomaux
- et les tritanomaux

2) Les principaux caractères de chaque variété.

A - L'ACHROMATOPSIE TYPIQUE décrite par Daubeney dès I684 comporte comme symptomatologie :

- une acuité visuelle réduite, s'accompagnant généralement d'un nystagmus pendulaire et d'une photophobie
- une absence totale de discrimination chromatique
- une courbe d'efficacité lumineuse relative de type scotopique dans toutes les conditions.

Il existe un certain nombre de variétés d'achromatopsie typique

B - LES SYSTEMES DICHROMATIQUES.

1) Dalton disait que dans le spectreil on ne distinguait que du jaune et du bleu, son "jaune" rassemblant le rouge, l'orangé, le jaune et le vert des sujets normaux, et son "bleu" englobant le bleu et le violet.

Les dichromates sont en effet incapables de reconnaître des teintes qui, reportées à l'intérieur du diagramme des couleurs, se trouvent sur une même droite dite ligne de confusion. Il existe ainsi des lignes de confusion infiniment nombreuses, parallèles ou convergentes en un point appelé centre de confusion. Leur direction varie avec le type de dichromatisme : ainsi, chez les protanopes les lignes de confusion convergent vers le coin rouge du diagramme C.I.E. tandis que chez les tritanopes elles convergent vers le coin bleu.

Il y a toujours une ligne de confusion passant par le point C. Elle est appelée axe neutre car sur cette ligne les couleurs correspondantes ne sont pas distinguées du blanc C. Le point où cet axe neutre coupe le lieu des couleurs spectrales est le point neutre du spectre.

Tous ces éléments sont autant de caractéristiques pour chaque système dichromatique donné.

Ainsi les points neutres du spectre sont :

- pour la protanopie à 492 nm (la complémentaire est située dans le pourpre rougeâtre),

- pour la deutéranopie à 498 nm (la complémentaire est dans le pourpre).

- pour la tritanopie à 580 nm (la complémentaire est dans le bleu ou le violet),

- enfin, dans la tétartanopie hypothétique, il y aurait deux points neutres spectraux : à 470 et 580 nm.

2) Fait important, les dichromates, quelqu'ils soient, acceptent toutes les équations colorimétriques du sujet normal : il s'agit en effet de systèmes de réduction.

3) D'autres renseignements intéressants sont tirés de l'étude des courbes :

- d'efficacité lumineuse relative,

- des seuils différentiels pour la tonalité,

- et de ceux pour la saturation.

Voyons les courbes d'efficacité lumineuse relative(fig.5)

Celle des protanopes présente une très forte dépression dans le rouge, avec un important décalage du maximum vers les longueurs d'onde courtes par rapport à la courbe d'un sujet normal. Le maximum est à 540 nm (Pitt, 1944), au lieu de 555nm normalement.

Celle des deutéranopes est plus ou moins normale ; le maximum est cependant déplacé vers 560 nm.

Celle des tritanopes a aussi son maximum vers 560 nm.

Les courbes de seuils différentiels pour la tonalité (fig.3) sont beaucoup plus élevées que chez le sujet normal.

Chez les protanopes et les deutéranopes, la courbe est une sorte de parabole située entre 430 et 550 nm et le seuil différentiel minimal est situé au niveau du point neutre, c'est-à-dire à environ 497nm chez les protanopes et 493nm chez les deutéranopes.

Les courbes de seuils différentiels pour la saturation (fig.4) sont également très modifiées, la sensibilité étant

très diminuée et le minimum étant déplacé de façon à coïncider avec le point neutre.

C - LES TRICHROMATES ANORMAUX :

Bien qu'ils exigent trois primaires pour effectuer leurs équations colorées, ils se comportent en fait, nous l'avons vu, comme si la perception d'une d'elles était affaiblie.

C'est ainsi : - que les protanomaux sont déficients pour le rouge

- les deutéranomaux (auto-observation de Rayleigh en I88I) sont déficients pour le vert

- les tritanomaux (auto-observation de Hartung en I926) sont déficients pour le bleu.

Ces déficiences se traduisent non seulement par des confusions de couleurs mais aussi par des réponses anormales lors de la réalisation d'équations colorées.

1) L'étendue des confusions (démontrée par exemple à l'aide du Panel D I5) montre que leurs directions sont similaires :

- Chez les protanomaux et les protanopes (type protan),

- Chez les deutéranomaux et les deutéranopes (type deutan),

- Et chez les tritanomaux et les tritanopes (type tritan)

Toutefois les confusions sont moins étendues ici. Ainsi le blanc ne sera pas confondu avec la couleur spectrale correspondante : il n'y a donc pas de point neutre chez les trichromates anormaux.

2) L'anomaloscope montre que les trichromates anormaux n'acceptent pas certaines équations colorimétriques des sujets normaux le colorimètre montre en plus que le quotient d'anomalie est variable si l'on change la longueur d'onde de la plage de comparaison : en effet, les trichromates anormaux présentent ce que l'on appelle des systèmes d'altération.

Avec le modèle I de l'anomaloscope de Nagel on obtient un quotient d'anomalie inférieur à 0,65 dans la protanomalie

et supérieur à I,3 dans la deutéranomalie (x)

3) La courbe d'efficacité lumineuse relative (fig.5) est :

- chez les protanomaux, très diminuée dans le rouge, la courbe étant déplacée vers les longueurs d'onde courtes ; le maximum est situé vers 545 nm.

- dans les autres anomalies, la différence avec la courbe normale est très faible.

Les courbes de seuils différentiels pour la tonalité (fig.3) sont intermédiaires entre celles des systèmes dichromatiques correspondants et celles des sujets normaux.

Il en est de même des courbes de seuils différentiels pour la saturation (fig.4).

Cette élévation des seuils différentiels évaluerait véritablement la déficience de la vision coloré. "Elle entraîne une difficulté à distinguer des chromaticités qu'un sujet normal sépare tout de suite, ou tout au moins il faut au trichromate anormal des surfaces plus grandes, un temps d'exposition plus long et un niveau optimum de luminance plus étroit ; les effets d'adaptation colorée, temporels et spatiaux sont également plus accusés chez les trichromates anormaux" (Y. Le Grand, I948).

Tels sont les principaux types de dyschromatopsie congénitale :

- dont la plus grave certes est l'achromatopsie typique,

- viennent ensuite les dichromates

- et les trichromates anormaux, avec toutefois des différences parmi eux, la protanomalie étant plus génante que la deutéranomalie.

En dehors de ces cadres tranchés, que nous avons pris comme types, il est des formes mineures et à l'opposé des formes extrêmes, qui seraient autant de formes de transition.

(x) Y a t-il un rapport entre l'étendue des confusions colorimétriques et le quotient d'anomalie ? La corrélation est très faible, comme l'a confirmé G. VERRIEST dans une étude statistique récente ("Contribution à l'étude de la corrélation entre le quotient d'anomalie et l'étendue des confusions colorimétriques dans les systèmes trichromatiques anormaux congénitaux", Revue d'Optique 39 n° 10, I960.)

Ainsi il est des formes légères de trichromatisme anormal, qui sont en fait très proche du trichromatisme normal. De plus il est des formes graves de trichromatisme anormal qui forment la transition avec les systèmes dichromatiques (protanomalie extrême, deutéranomalie extrême).

Enfin il est des formes extrêmes de dichromatisme que l'on classe parmi les achromatopsies atypiques.

3) L'importance et la technique de leur dépistage.

Pour terminer nous voudrions envisager brièvement, sous l'angle pratique, le problème du dépistage de ces dyschromatopsies congénitales.

Leur dépistage est en effet très important, car elles sont très souvent méconnues du sujet et de son entourage, et peuvent représenter un handicap sur le plan professionnel : aviation, chemins de fer, ou toute autre emploi demandant une bonne discrimination colorée. Nombre d'auteurs ont insisté sur la précocité de ce dépistage à l'âge scolaire si possible, en tout cas avant que le sujet n'ait entrepris l'apprentissage d'une carrière pour laquelle il sera déclaré inapte.

Toutefois une discrimination des différentes variétés est indispensable (et ceci exige l'emploi non seulement des planches pseudo-isochromatiques mais de plusieurs autres tests), car l'handicap causé par les dichromatopsies est plus ou moins important : c'est ainsi qu'une deutéranomal peut, en principe, accomplir sans risque les fonctions qui doivent être refusées à un protanope.

Nous ferons, pour terminer, une récapitulation des principaux tests cliniques qui sont utilisés pour le dépistage.

L'achromatopsie typique est facilement reconnue et doit être systématiquement recherchée en cas de nystagmus congénital avec amblyopie notamment, en montrant au sujet une petite surface rouge foncé (de 5 x 5 cm) collée sur un fond blanc : l'achromate la désigne comme noir. Soulignons que, contrairement à l'opinion généralement répandue, les achromates déchiffrent de nombreuses planches pseudo-isochromatique.

Pour les autres dyschromatopsies on se servira :

1) des planches pseudo-isochromatiques d'Ishihara de Polack, de H.R.R. Si l'on ne possède pas d'atlas de H.R.R. il est indispensable, pour reconnaître les sujets tritans, d'utiliser conjointement le Tritan-plate de Farnsworth.

Une fois la dyschromatopsie congénitale décelée, il faut en préciser le type exact :

- certes à la lumière des données précédentes

- mais surtout à l'aide du Panel D I5, du I00 Hue et de l'anomaloscope.

2) Le Panel D I5 (fig.6) montre la direction des axes de confusion et permet de reconnaitre instantanément les types protan , deutan ou tritans quand le tracé est anormal (fig.7-8 - 9 - I0 - II - I2). Mais les formes légères de trichromatisme anormal peuvent lui échapper. Il a toutefois l'avantage de pouvoir être employé chez de jeunes sujets.

3) Par contre, le I00 Hue (fig.I3) permet presque toujours de reconnaître le type protan, deutan, ou tritan d'une anomalie, mais son application est moins aisée.

4) Le modèle I de l'anomaloscope de Nagel permet de classer avec exactitude :

- les achromates typiques, qui n'acceptent pas l'équation moyenne normale et égalisent le rouge avec très peu de jaune

- les protanopes et les deutéranopes, qui acceptent l'équation normale moyenne (système de réduction). En outre, le protanope égalisera le rouge avec très peu de jaune et le vert avec beaucoup de jaune (en raison du caractère anormal) de leur courbe d'efficacité lumineuse relative, tandis que le deutéranope égalise le rouge et le vert avec autant de jaune ;

- les protanomaux et les deutéranomaux, qui n'acceptent pas l'équation normale moyenne (système d'altération). Pour reproduire le jaune, le protanomal emploie trop de rouge (de telle sorte que le quotient d'anomalie est inférieur à 0,65) et le deutéranomal emploie trop de vert (de telle sorte que le quotient d'anomalie est supérieur à I,3) La fig.I4 rassemble les lieux des équations qui sont caractéristiques pour chaque type de déficience.

Les tritanopes et les tritanomaux sont reconnus avec le modèle II de l'anomaloscope de Nagel.

Enfin pour la question qui va nous intéresser maintenant celle des dyschromatopsies acquises, il n'est pas négligeable de connaître la fréquence des dyschromatopsies congénitales, (cf tableau ci-contre) car elles peuvent très bien se trouver

associées chez un même sujet.

Les dyschromatopsie congénitales sont évidemment beaucoup plus rares chez la femme puisqu'elles se transmettent souvent selon le mode récessif lié au sexe.

Le tableau ci-dessous résume également le mode de transmission de ces dyschromatopsies.

DYSCHROMATOPSIES CONGENITALES	POURCENTAGE	MODE de TRANSMISSION
PROTANOPIE (P)	♂ 1 %	RECESSIFS LIES AU SEXE
PROTANOMALIE (Pa)	♂ 1,1 %	(Horner 1876)
DEUTERANOPIE (D)	♂ 1,4 %	P et Pa sont des gênes alléliques (et Pa/P) de même D et Da
DEUTERANOMALIE (DA)	♂ 4,9 %	
TRITANOPIE (T)	0,002 %	Irrégulièrement Dominante (Kalmus 1955)
TRITANOMALIE (Ta)	Très rare	Récessive liée au sexe
ACHROMATOPSIE TYPIQUE	0,001 %	Récessive Autoso-mâle (Bell 1926)
ACHROMATOPSIE ATYPIQUE		1 avec acuité visuelle mauvaise récessive autosomale. 2 avec bonne acuité : serait dûe généralement à une combinaison de gênes de dyschromatopsies non alléliques.

C H A P I T R E IV

LES DYSCHROMATOPSIE ACQUISES

Leur étude a été d'abord réalisée par des auteurs allemands au cours du I9ème siècle et du début du 20ème siècle ; elle n'a été reprise que récemment, surtout grâce à l'emploi des tests de Farnsworth.

Historique.

Dès I868, Galezowski publie un "Diagnostic des maladies des yeux par la chromatopsie rétinienne" et, en I878, un rapprochement est fait par Nuel entre certaine troubles acquis de la vision colorée et le daltonisme congénital.

Les premiers travaux approfondis furent l'oeuvre de physiciens allemands, dont Helmholtz et Koenig qui firent des études colorimétriques ; les premiers cas étudiés furent surtout des intoxications et des atrophies optiques.

En I897 Koenig trouve une déficience similaire à la tritanopie congénitale dans certains cas de rétinopathie hypertensive et de décollement de rétine ; il propose le terme de tritanopie acquise. Mais la même année Von Kries montre qu'il existe des différences entre les anomalies acquises et les anomalies congénitales.

Koellner (I9I2) fait une classification des dyschromatopsies acquises et en tire des conclusions quant au siège des lésions en cause.

Puis, après une période de stagnation, l'étude des dyschromatopsies acquises est à nouveau reprise et bénéficie des progrès qui ont été faits dans le domaine de la vision colorée normale et des dyschromatopsies congénitales, notamment par les anglo-saxons.

Enfin et surtout l'emploi de tests compatibles avec une acuité visuelle réduite, dont les tests de Farnsworth, a fait faire un grand pas dans la généralisation de la connaissance des dyschromatopsies acquises.

Nous nous proposons de voir successivement :

1) les caractères distinctifs entre dyschromatopsies acquises et congénitales,

2) les méthodes employées pour leur étude, leurs avantages et leurs limites,

3) la classification et le diagnostic des différents types de dyschromatopsies acquises,

4) et enfin l'intérêt de leur dépistage.

I - Les caractères distinctifs entre dyschromatopsies acquises et congénitales ont été établis par Von Kries en 1897, et ont été complétés par Jaeger en 1955, par J.François et C.Verriest en 1957.

Les dyschromatopsies congénitales sont, nous l'avons vu,des anomalies fonctionnelles non évolutives, affectant généralement dans leur totalité les champs visuels des deux yeux.

I - La dyschromatopsie acquise est le plus souvent localisée à un seul oeil ou à une partie du champ visuel d'un oeil.

En effet ici tout est conditionné par l'existence d'une pertubation ou d'une lésion organique.

- que celle-ci atteigne les propriétés transmittives des milieux réfringents de l'oeil (ou plus exactement des milieux préréceptoraux puisqu'il comprennent aussi les couches antérieures de la rétine, situées au devant des cônes et des bâtonnets),

- ou que celle-ci atteigne la voie optique (dont le point de départ est donc constitué par les cônes et les bâtonnets).

Ce sont les altérations de la région maculaire ou du faisceau maculaire du nerf optique qui seront responsables de la majorité des dyschromatopsies acquises décelées par les méthodes usuelles (hormis, bien sûr, la périmétrie colorée).

2 - Un trouble acquis de la vision colorée n'est jamais isolé mais accompagné d'autres troubles visuels, avant tout d'une diminution plus ou moins importante de l'acuité visuelle. Aussi les déficits colorés sont très souvent au second plan, et par là même demandent à être recherchés systématiquement.

3 - La discrimination colorée s'améliore souvent quand on augmente les dimensions, la luminance, la saturation ou le temps d'exposition du test.

4 - Le déficit est variable dans sa gravité et dans les temps

- dans sa gravité, suivant la topographie des lésions au niveau de l'oeil, leur étendue en surface et en profondeur ;

- dans le temps, suivant l'évolution de cette lésion susceptible de s'aggraver ou de rétrocéder.

5 - Exception faite des dyschromatopsies acquises dans l'enfance, le sujet atteint nomme les couleurs comme il les voit et n'adapte pas ses dénominations à celles des sujet normaux, comme c'est le cas dans les dyschromatopsies congénitales.

6 - Les phénomènes de contraste coloré sont atténués par rapport aux sujets normaux, alors qu'il sont apparemment augmentés dans les systèmes trichromatiques anormaux congénitaux.

7 - Enfin les symptômes colorimétriques des dyschromatopsies acquises ne sont pas superposables à ceux des troubles congénitaux et sont souvent complexes.

C'est ainsi qu'il n'y aurait pas de systèmes d'altération dans les dyschromatopsies acquises, qui sont au contraire souvent des systèmes d'absorption, alors que ceux-ci ne constituent jamais un symptôme de déficit congénital. En outre, des systèmes de réduction peuvent-être associée aux systèmes d'absorption acquis, d'où une majoration des troubles de la vision colorée. Expliquons nous.

Un système d'absorption peut être réalisé expérimentalement en plaçant un filtre coloré devant l'oeil. En pathologie il peut être créé par des modifications de la transmission spectrale des milieux préréceptoraux. C'est ainsi qu'une cataracte, une hémorragie vitréenne ou prérétinienne, un exsudat ou une flaque hémorragique rétiniens peuvent réaliser un système d'absorption.

Un système de réduction est habituellement défini, nous l'avons vu au chapitre III, comme un système dichromatique, dans lequel la discrimination colorée est une double fonction, au lieu d'une triple fonction de la longueur d'onde et ou toutes les équations colorée du trichromate normal sont acceptées (x).

(x) Dans un travail récent J.François et G. Verriest accordent aux systèmes de réduction une définition plus large en y intégrant non seulement les états dichromatiques congénitaux et acquis mais aussi certains états trichromatiques et monochromatiques acquis. Certains cas avec transmission préréceptorale anormale, c'est-à-dire les systèmes d'absorption, sont également compris parmi les systèmes de réduction, mais à condition que le sujet atteint accepte toutes les équations d'un sujet normal, dont l'oeil est éventuellement équipé du filtre approprié (Journal of Vision Research).

On distingue deux grands types de systèmes de réduction acquis :

- les uns d'axe vert-rouge (comme la protanopie et la deutéranopie congénitales),

- les autres d'axe bleu-jaune (comme la tritanopie et la "tétartanopie" congénitales).

Ces systèmes de réduction acquis peuvent donc rappeler un système de réduction congénital, surtout quand ils sont isolés (c'est-à-dire sans système d'absorption concomitant). Toutefois les axes de confusion peuvent avoir des directions très différentes d'un cas à l'autre et il n'est pas rare qu'elles soient à cheval entre celles de deux systèmes de réduction congénitaux. "Aussi il est parfois impossible d'assimiler une altération rouge-vert acquise à une protanopie ou à une deutéranopie, ou un déficit bleu-jaune à une tritanopie ou une tétartanopie" (J. François et G.Verriest).

Notons aussi que la symptomatologie d'un système de réduction acquis n'est jamais aussi tranchée et caractéristique que celle d'un dichromatisme congénital. En effet :

- une atteinte acquise d'axe vert-rouge n'est jamais pure, car un déficit discret de la discrimination dans l'axe bleu-jaune peut toujours être constaté. Il en est de même pour les atteintes d'axe bleu-jaune, où l'on retrouve le plus souvent une déficience concomitante d'axe vert-rouge ;

- un système de réduction acquis est presque toujours associé à un système d'absorption.

Soulignons encore qu'un <u>système d'absorption peut réaliser à lui tout seul un système de réduction</u> : c'est ainsi que le port de verres jaunes (qui absorbent toute l'extrémité froide du spectre) crée une tritanopie artificielle chez le sujet normal (G.Verriest)

2 - <u>Les méthodes employées pour leur dépistage</u> : <u>leurs avantages, leurs limites</u>.

Etant donné toutes ces différences que nous venons de voir, on est en droit de se demander si les méthodes d'examen qui ont été établies pour l'étude des dyschromatopsies congénitales sont valables ici.

Dans leurs travaux, J.François et G.Verriest ont comparé les méthodes spectrales, utilisées jadis dans l'étude des dyschromatopsies acquises et les tests établis par la suite pour

les dyschromatopsies congénitales ; ils ont constaté qu'il donnaient des résultats cohérents et analogues. Tous ces tests sont donc utilisables, présentant chacun des avantages mais aussi des limites.

I - Toutes les planches pseudo-isochromatiques qui sont destinées à la détection des types protan et deutan congénitaux deviennent rapidement illisibles lors de l'installation d'une dyschromatopsie acquise d'axe vert-rouge. Leur lecture est conservée plus longtemps dans les dyschromatopsies d'axe bleu-jaune.

Et contrairement à ce que l'on voit dans les dyschromatopsies congénitales, les sujets atteints de dyschromatopsie acquise ne lisent souvent pas les chiffres des planches de contre épreuve (non lus par les trichromates normaux), car ici les phénomènes de contraste sont diminués.

L'atlas de Hardy Rand et Rittler (AO H-R-R) aide à la discrimination des déficits d'axe vert-rouge et bleu-jaune et permet d'en apprécier la gravité.

Des planches pseudo-isochromatiques spéciales pour les déficits acquis ont été faites par OHTA.

2 - Le tritan-plate : L'invisibilité élective du carré vert du tritan-plate est en faveur d'une dyschromatopsie d'axe bleu-jaune, alors que l'invisibilité élective du carré bleu est en faveur d'une dyschromatopsie d'axe vert-rouge.

3 - Le Panel D 15 et le 100 Hue" sont les moyens les plus efficaces pour reconnaître l'axe de la dyschromatopsie acquise, même quand l'acuité visuelle et le champ visuel sont très atteints".(J.François et G.Verriest).

Ici aussi des formes légères peuvent échapper au Panel D 15. Le 100 Hue, par contre, détecte des cas légers, mais devient pratiquement ininterprétable quand la maladie progresse.

On devra accorder plus de temps au sujet pour les effectuer qu'il n'en est admis dans l'étude des déficits congénitaux.

4 - L'anomaloscope apporte des éléments importants pour le diagnostic des dyschromatopsies acquises : en particulier, il permet le calcul du quotient d'anomalie dû à un système d'absorption.

Les auteurs insistent enfin sur la nécessité, ici plus que jamais, de conjuguer plusieurs méthodes d'examen.

3 - La classification et le diagnostic des différents types de dyschromatopsie acquise. Dans leurs travaux J.François et G.Verriest classent les dyschromatopsies acquises en 5 groupes

- Les systèmes d'absorption et les chromatopsies qui dépendent de ces dernières ou d'autres facteurs ;

- Les dyschromatopsies d'axe vert-rouge, que l'on peut observer au stade trichromatique ou, si la lésion progresse, au stade dichromatique ;

- Les dyschromatopsies d'axe bleu-jaune aux stades trichromatique et dichromatique ;

- Les différents types d'achromatopsie acquise, qui peuvent être l'aboutissement de ces dyschromatopsies d'axe vert-rouge d'axe bleu-jaune ;

- Les troubles typiques de l'étage cortical.

I - LES SYSTEMES D'ABSORPTION ET LES CHROMATOPSIES. Un système d'absorption est, nous l'avons dit, réalisé par une transmission spectrale anormale des milieux préréceptoraux. Les sujets qui en sont affectés n'acceptent pas certaines équations du sujet normal, par exemple l'équation de Rayleigh à l'anomaloscope ; celle-ci sera donc déplacée soit vers le rouge, soit vers le vert. Toutefois le quotient d'anomalie reste constant si, au colorimètre, on fait reproduire différents stimuli à l'aide de différents mélanges de deux lumières monochromatiques données.

Les achromatopsies consistent en la perception colorée, souvent temporaire, de stimuli qui pour un sujet normal seraient vus blancs. Ce que l'on peut objectiver en montrant un objet blanc au sujet. Elles peuvent être dûes à un système d'absorption rapidement réalisé : cyanopsie des aphakes récents, xanthopsie de la jaunisse.

2 - LES DEFICITS BLEU-JAUNE ACQUIS, encore appelés "groupe rétinien" par Hong, peuvent s'observer, nous l'avons vu, au stade trichromatique et au stade dichromatique.

a) Dans le stade trichromatique, qui fut décrit sous les noms de "tritanomalie acquise" et d"anomalie du violet",

- la lecture des planches pseudo-isochromatiques ordinaires n'est pas caractéristique,

- mais au Panel D I5 (fig. I5) on relève de nombreuses erreurs typiques de direction horizontale au niveau des pions I0 à I5 et souvent aussi au niveau des pions I à 6 ;

- au 100 Hue (fig. 16) on trouve toujours un renflement unipolaire pathognomonique de 48 à 58,

- tandis qu'à l'anomaloscope (mod. I), il n'est pas rare de trouver un quotient protanomalique.

- le colorimètre montre que cette pseudo-protanomalie se comporte comme un système d'absorption. La désignation des couleurs de différentes longueurs d'onde montre que les confusions se concentrent dans le coin bleu du diagramme C.I.E. (elle concernent quelques pourpres, violets et bleus). La discrimination colorée est par ailleurs normale et on ne trouve pas de zone neutre. Le spectre visible serait raccourci dans les longueurs d'onde courtes.

b) Dans le stade dichromatique, qui fut décrit sous les noms de "tritanopie acquise", de "cécité acquise pour le violet" et de "cécité acquise pour le bleu" :

- la lecture des planches pseudo-isochromatiques ordinaires n'est également pas caractéristique

- et le tritan-plate ne permet souvent pas de reconnaître cette affection

- mais le Panel D 15 (fig. 17) fournit des tracés caractéristiques de type dichromatique, l'axe principal étant soit tritan typique soit plus incliné sur la droite (tétartan), ou sur la gauche (intermédiaire entre deutan et tritan)

- le 100 Hue (fig. 18) est aussi du type tritan, tétartan ou intermédiaire entre deutan et tritan

- à l'anomaloscope , l'équation de Rayleigh est presque toujours élargie et tend à la pseudo-protanomalie.

- au colorimètre, la désignation des noms de différentes couleurs met en évidence une zone neutre dans le jaune et une seconde zone neutre dans le bleu. Le spectre visible serait raccourci à son extrêmité froide et parfois aussi dans les longueurs d'onde longues, s'il existe un système d'absorption concomitant des longueurs d'onde longues (G. Verriest).

3 - LES DEFICITS ROUGE-VERT ACQUIS, encore appelés "groupe neutral" par Hong, peuvent aussi s'observer au stade trichromatique et au stade dichromatique.

a) Dans le Stade trichromatique :

- les sujets ne peuvent lire les planches pseudo-isochro-

matiques qui ne sont pas reconnues par les deutans et par les sujets normaux ;

- le Panel D I5 (fig. I9) est parfois caractérisé par quelques confusions de type protan ou deutan

- au I00 Hue (fig.20), le tracé peut ressembler à celui du type deutan congénital ou a celui d'une amblyopie colorée congénitale fait de nombreuses erreurs disséminées ;

- à l'anomaloscope, l'équation de Rayleigh est élargie et souvent déplacée vers le vert ;

- le colorimètre montre que cette pseudo-deutéranomalie se comporte comme un système d'absorption. La désignation des noms de couleurs montre l'absence de zone neutre bien que la saturation soit très diminuée dans tous les spectres. La courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative serait normale.

b) Dans le stade dichromatique :

- toutes les planches pseudo-isochromatiques qui servent à la reconnaissance des déficits rouge-vert congénitaux sont illisibles de même que les figures qui ne sont pas lues par les sujets normaux ;

- le Panel D I5 (fig.2I) fournit des tracés typiques dichromatiques, l'axe étant le plus souvent vertical et intermédiaire aux axes protan et deutan congénitaux ;

- le I00 Hue (fig.22) est de type deutan ou complètement anarchique ;

- à l'anomaloscope, le sujet atteint se comporte comme un deutéranope.

- Enfin, au colorimètre, la désignation des noms de couleurs montre qu'il y a une zone neutre dans la région bleu-vert du spectre. Cette zone devient rapidement très large par atteinte concomitante bleu-jaune (J.François et G.Verriest) Il y aurait une seconde zone neutre entre le rouge et le rouge-pourpre (couleur non spectrale). La courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative serait normale.

Il est une forme de déficit acquis rouge-vert que l'on rencontre dans certains cas de dégénérescence maculaire juvénile elle est caractérisée par le fait que l'équation normale de

Rayleigh n'est bientôt plus acceptée (ce n'est alors plus un système de "réduction") et par son évolution vers l'achromatopsie acquise par altération de tous les mécanismes photopiques.

4 - L'ACHROMATOPSIE ACQUISE peut être l'aboutissement :

- d'une déficience bleu-jaune, par suite du développement d'un déficit rouge-vert concomitant

- ou d'une déficiencé rouge-vert par suite du développement d'un déficit bleu-jaune concomitant.

La survenue enfin chez un protanope ou un deutéranope congénital d'une dyschromatopsie bleu-jaune peut aussi entraîner une achromatopsie acquise.

Le schéma ci-contre résume les principales étapes possibles des dyschromatopsies acquises

5 - LES TROUBLES DE L'ETAGE CORTICAL donnent surtout lieu à une non-reconnaissance des couleurs ou de leurs noms. Cette dernière déficience n'accompagne pas forcément l'agnosie visuelle ; par contre la cécité verbale s'accompagnerait toujours d'agnosie des couleurs.

4 - <u>Les dyschromatopsies acquises rencontrées au cours des principales affections oculaires</u>.

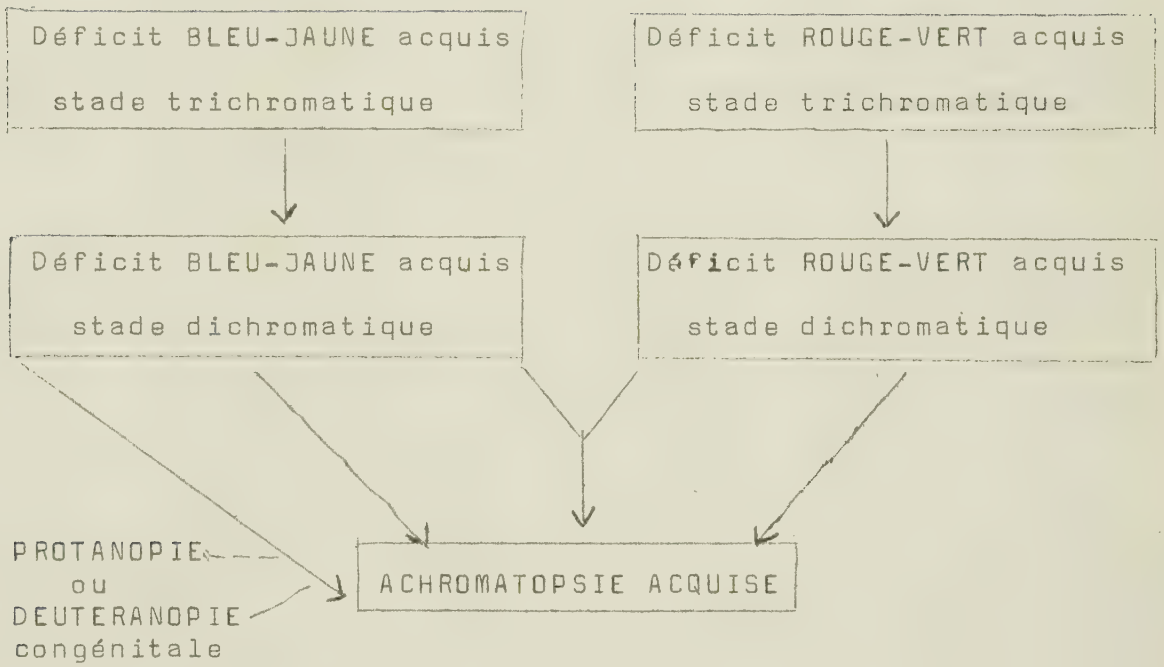
Koellner avait montré en 1912 que les lésions de la couche profonde de la rétine donnent lieu à un déficit bleu-jaune ressemblant à une tritanopie congénitale, alors que les lésions des couches superficielles de la rétine et du nerf optique donnent un axe rouge-vert, trouble dont les symptômes colorimétriques sont voisins de ceux de la deutéranopie congénitale.

Ceci a été confirmé dans les grandes lignes par les travaux ultérieurs, dont ceux de J.François et C.Verriest portant sur un grand nombre de cas.

Nous résumerons dans un tableau les dyschromatopsies acquises signalées par ces auteurs dans les principales affections oculaires.

5 - Enfin <u>voyons l'intérêt ophtalmologique de leur dépistage</u> :

En effet, la recherche d'une dyschromatopsie acquise au cours de certaines affections oculaires ne saurait être considérée comme un luxe d'examen. Bien au contraire, elle est d'un grand intérêt ; pour le diagnostic parfois, pour la surveillance de l'évolution très souvent, et enfin, elle peut guider les hypothèses pathogéniques de ces affections.



Les principales étapes possibles dans l'évolution des

DYSCHROMATOPSIES ACQUISES

	DYSCHROMATOPSIE D'AXE BLEU-JAUNE	DYSCHROMATOPSIE D'AXE ROUGE VERT	OU AUTRES
SCLEROSE CRISTALLINIENNE et CATARACTE			Systèmes d'absorption des courtes
DEGENERESCENCES TAPETO-RETINIENNES -Rétinopathie pigmentaire	+		
-Rétinopathie ponctuée albescente	+		
Dégénérescences maculaires 1.Juvéniles	+ (formes pigmentées)	+ (ou formes peu pigmentées)	Voire pseudo-protanopie & achromatopsie centrale acquise de type scotopique
2.Séniles	+(surtout le fait des formes hémorragiques et exsudatives)		
MYOPIE MALIGNE	+		ou simplement quotient protanomalique
DECOLLEMENT DE LA RETINE	+(que les auteurs pensent liée plutôt aux lésions myopiques)		
CHORIO-RETINITE	+(au stade exsudatif et aussi au stade cicatriciel)		
Chorio-rétinite séreuse centrale	+(au stade évolutif & même au stade cicatriciel)		
RETINOPATHIES Hypertensives	+(déficit coloré pouvant précéder l'installation de la rétinopathie)		
Diabétiques	+(déficit coloré pouvant précéder l'installation de la rétinopathie)		
GLAUCOME	+(presque toujours, quelque soit le type de glaucome : angle ouvert angle fermé ou secondaire)	+(maladie de von Graefe ?)	
PAPILLE DE STASE	+(dans les formes graves)		
AMBLYOPIE ALCOOLO NICOTINIQUE			Amblyopie chromatique très marquée
ATROPHIE OPTIQUE	+(atrophie optique juvénile dominante)	+(toutes les autres étiologies)	
SYNDROME CHIASMATIQUE		+	
AMBLYOPIE STRABIQUE			Toujours normal.

A - Il est en effet des cas où l'examen de la vision colorée est fort utile au diagnostic. C'est ainsi que devant une baisse de l'acuité visuelle avec scotome central il n'est pas toujours facile, à un premier examen, de faire la part entre une névrite rétrobulbaire initiale, ou une atteinte maculaire sénile encore très discrète et discutable, ou encore une amblyopie strabique méconnue.

Dans le premier cas le déficit coloré sera du type rouge-vert dans le second il sera de type bleu-jaune et dans le troisième enfin la vision colorée sera normale.

L'intérêt de ce diagnostic différentiel a été récemment souligné par M.G.Perdriel.

Dans de nombreux cas difficiles l'examen au Panel D I5 simple et rapide peut donc être d'une grande utilité en clinique ophtalmologique journalière.

B - L'étude de la vision colorée permet de suivre l'évolution.

La découverte, ou la constatation de la persistance d'un déficit coloré seront d'autant plus utiles que le reste de l'examen ophtalmologique fournira peu d'élément.

1°) Ce peut être le cas dans la névrite rétro-bulbaire de la sclérose en plaques. Il n'est pas rare qu'au décours d'une première poussée, alors que l'acuité visuelle redevient quasi-normale, que le déficit central disparait, que l'aspect ophtalmoscopique est presque normal, d'observer la persistance d'un déficit coloré.

2°) Dans la dégénérescence maculaire sénile lorsque les lésions sont encore unilatérales apparemment, on peut souvent mettre en évidence un déficit coloré assez précocement au niveau de l'autre oeil, encore indemne en apparence.

3°) Enfin, dans le diabète, de nombreux auteurs ont signalé qu'une dyschromatopsie de type bleu-jaune pouvait précéder l'installation d'une rétinopathie visible.

Nous n'avons cité que ces trois éventualités, mais en fait il en est beaucoup d'autres où la surveillance de la discrimination colorée (conjointement à celle des autres données de l'examen : acuité visuelle champ visuel ...) fournit des renseignements intéressants quant à l'évolution et au pronostic de l'affection.

C - Enfin l'étude des dyschromatopsies acquises peut conduire également à des hypothèses pathogéniques. Nous ne

voulons pas parler des théories sur la vision des couleurs, si nombreuses et si controversées, mais des conclusions quant au siège des lésions causales. Et il est intéressant de voir que la plupart d'entre elles se trouvent vérifiées par les examens anatomo-pathologiques.

Nous prendrons pour exemples trois affections tout à fait différentes ; les dégénérescences maculaires juvéniles, les atrophies optiques héréditaires et le glaucome, qui ont fait l'objet de travaux récents et approfondis d'une part de Jaeger et d'autre part de J.François et G.Verriest.

1°) Dans les dégénérescences maculaires juvéniles, on peut trouver les deux types principaux de déficits : bleu-jaune et rouge-vert.

Ces deux sortes de déficits correspondent à deux grands aspects de ces dégénérescences.

Les unes, avec pigmentation des lésions, s'accompagnent plus volontiers de déficits bleu-jaune et correspondent vraisemblablement à des lésions profondes de la macula.

Les autres, avec aspect surtout en "bâve d'escargot", donnent des déficits rouge-vert et correspondent sans doute à des lésions plus superficielles de la région maculaire, portant surtout sur les cellules ganglionnaires.

2°) Parmi les différents type d'atrophie optique hérédo-familiale nous ne citerons que celle de Leber, et l'atrophie optique hérédo-familiale juvénile dominante.

Dans la première, les auteurs ont trouvé une dyschromatopsie d'axe rouge-vert. Or, les examens anatomo-pathologiques montrent qu'il n'y a qu'une atteinte du deuxième neurone de transmission, ce que laissaient supposer le déficit rouge-vert et l'électro-rétinogramme normal. En effet, on ne trouve ici qu'une atrophie de la couche des cellules ganglionnaires et des fibres optiques. (Rehsteiner 1930 ; Kwittken et Barest 1958).

Dans le second cas, on trouve un déficit bleu-jaune, ce qui plaide pour une atteinte des couches profondes, de même les lésions pigmentaires au niveau de la macula, mais on ne possède pas d'examen anatomo-pathologique.

3°) Comme nous le voyons ces déficits colorés ne fournissent qu'une présomption quant au siège des lésions, que les examens anatomiques confirment parfois. Néanmoins il est des formes où le déficit est difficile à explorer : c'est le cas du glaucome, où l'on peut trouver une dyschromatopsie acquise d'axe bleu-jaune. J.François et G.Verriest l'ont rencontré

dans 38 % des glaucomes à angle ouvert et 30 % des glaucomes à angle fermé.

Les auteurs ont montré qu'il y avait une corrélation entre le déficit bleu-jaune d'une part, l'atrophie de la papille, l'élévation tensionnelle et la diminution de l'acuité visuelle d'autre part.

Y aurait-il une lésion maculaire profonde à l'origine de ce déficit ? Telle est l'hypothèse soulevée par les auteurs.

Mais les examens anatomo-pathologiques ont montré dans le glaucome à angle ouvert des altérations portant essentiellement sur la couche des cellules ganglionnaires et des fibres nerveuses. Ceci serait plus compatible avec un déficit acquis rouge-vert.

- ooOoo -

Tels sont les principaux aspects des dyschromatopsies acquises. Nous voudrions pour terminer envisager brièvement leurs incidences professionnelles et sociales. Celles-ci sont toujours prises en considération dans les déficits congénitaux ; pourquoi n'en serait-il pas de même pour les déficits acquis ?

Peut-être sont-ils souvent méconnus ...

Toutefois il est de nombreux cas où l'acuité visuelle est encore satisfaisante, voire normale, et pourtant une atteinte de la discrimination colorée peut déjà constituer un handicap sur le plan professionnel. Aussi serait-il intéressant d'envisager ce problème et peut être de recontrôler à intervalles réguliers les sujets dont la profession exige une vision des couleurs normales.

S E C O N D E P A R T I E

Cette seconde partie consacrée à l'étude de la courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative comprendra :

- un rappel historique, des principales méthodes employées et les principaux facteurs pouvant intervenir
- une description de l'appareil que nous avons employé et qui nous a permis d'étudier cette fonction d'efficacité lumineuse relative
- chez des sujets normaux
- et chez des patients atteints de dyschromatopsie acquise.

C H A P I T R E I

LA COURBE SPECTRALE D'EFFICACITE LUMINEUSE RELATIVE :

La courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative représente nous l'avons vu, la variation du facteur d'efficacité lumineuse relative (E.L.R.) en fonction de la longueur d'onde.

Il est nécessaire de distinguer dès à présent :

- deux courbes moyennes normales, admises par le C.I.E. : l'une en I924 concernant la vision photopique et dite fonction V_Λ, l'autre en I95I concernant la vision scotopique et dite fonction V'_Λ :
- les courbes réelles et individuelles d'E.L.R. que l'on trouve chez un sujet normal ou pathologique dans des conditions expérimentales bien définies.

Nous verrons successivement :

- un bref rappel historique mentionnant les principales étapes de l'étude de la courbe photopique et de la courbe scotopique d'E.L.R pour autant qu'elles ont conduit à l'établissement des fonctions V_Λ et V'_Λ de la C.I.E.
- les principaux facteurs pouvant influencer cette courbe ;
- enfin les renseignements fournis par les études qui en ont été faites dans les dyschromatopsies congénitales et acquises.

I - Historique et courbes moyennes de la C.I.E.

1°) La courbe photopique d'E.L.R. :

Déjà en I8I7 Fraunhofer fait une comparaison visuelle des différentes régions du spectre solaire afin de calculer des objectifs achromatiques. C'est en I883 que sont faites les premières mesures énergétiques par Langley, au moyen d'un bolomètre. Et, en I908 Nutting introduit le terme, longtemps adopté, de "courbe spectrale de visibilité".

Puis cette fonction est étudiée sur un grand nombre de sujets par différentes méthodes : comparaison directe, pas à pas, et papillotement. Les résultats sont comparés par Ives en I9I2. La même année Coblentz et Emerson étudient I25 sujets par la méthode de papillotement, le maximum de leur courbe moyenne correspond à 557,6nm.

En I923, Gibson et Tyhdall reprennent la méthode de pas à pas chez 52 sujets le maximum de leur courbe moyenne est situé à 553 nm. Ils comparent leurs propres résultats avec ceux de leurs prédécesseurs et, malgré des différences inhérentes aux méthodes employées et en dépit des grandes variations individuelles, il proposent une fonction moyenne d'E.L.R. Ainsi est née la courbe Vv admise en I924 par la C.I.E. et concernant la vision photopique d'un observateur moyen fictif.

Il s'agit d'une courbe régulière (fig.I) en forme de cloche dont le maximum, arbitrairement fixé à 1, correspond à 555 nm (vert-jaune) ; et dont le facteur devient plus petit que 0,00I en deçà de 4I0 nm (violet) et au delà de 720 nm (rouge).

C'est sur cette courbe que furent basées toutes les unités photométriques visuelles.

Mais de nombreuses critiques ont été émises au sujet de cette fonction Vλ établie de manière très artificielle à partir de plusieurs courbes obtenues par des méthodes diverses et dans des conditions non rigoureusement photopiques. De plus, des valeurs tout-à-fait arbitraires ont été adoptées aux extrémités du spectres, surtout dans les longueurs d'onde courtes afin de rendre la courbe régulière.

Ceci explique que la fonction Vλ de la C.I.E. soit inutilisable au point de vue physiologique, d'autant que l'étude d'un observateur réel demande à ce que l'on fasse appel à sa fonction d'E.L.R. individuelle. Or les variations individuelles par rapport à une courbe moyenne sont énormes quelque soit la méthode utilisée ; c'est ainsi que les maxima des courbes individuelles de I25 sujets normaux de Coblentz et Emerson se répartissent entre 549 et 570 nm, par rapport à la moyenne (557,6nm), l'écart quadratique moyen atteignant presque 4 nm.

2°) <u>La courbe scotopique d'E.L.R</u>.

Son étude est techniquement plus facile, car la comparaison directe ne se heurte plus aux différences de couleur constatées en vision photopique.

Rappelons quelques étapes :

Hecht et Williams (I922) ont étudié la vision scotopique

de 48 sujets, après une adaptation à l'obscurité de 30 minutes, par la méthode de comparaison directe avec un champ de 22°. Ils ont trouvé une courbe d'E.L.R. dont le maximum correspond à 510nm.

Weaver (1937, 1949) a rapporté l'observation de 14 sujets, examinés avec un champ de 14° dans les conditions scotopiques, pour lesquelles il a trouvé une courbe moyenne dont le maximum est à 513 nm.

Enfin, Crawford (1949) a étudié la courbe scotopique chez 50 sujets, âgés de moins de 30 ans, par comparaison directe réalisée sur un champ de 20° et de 3.10-5 cd/M2.

Ce sont les résultats moyens de ce dernier auteur qui ont été adoptés par la C.I.E. en 1951 pour former la fonction V'_λ. Il s'agit à nouveau d'une courbe (fig.1) en forme de cloche dont le maximum fixé à l'unité correspond à 507 nm (vert-bleuâtre) il est donc décalé de 43 nm par rapport à celui de la courbe photopique. Le facteur devient plus petit que 0,001 en deça de 390nm (violet) et au delà de 640 nm (rouge).

II - Les principales méthodes employées pour établir une courbe individuelle d'E.L.R.

On distingue d'une part des méthodes comparatives, et d'autre part une méthode de seuils.

1°) Les méthodes comparatives.

Dans les méthodes comparatives, dites encore de photométrie hétérochrome, la courbe d'E.L.R. est réalisée par ajustement de la luminosité d'un champ spectral (au niveau duquel on fait passer successivement diverses radiations monochromatiques échelonnées dans le spectre visible) à celle d'un champ de référence de composition spectrale et de luminance données (fig.22).

Les trois principales méthodes comparatives auxquelles on peut faire appel sont :

- la comparaison directe,

- le pas à pas,

- et le papillotement (ou flicker).

a) la comparaison directe du champ spectral et du champ de référence est une méthode très subjective et très imprécise, car le sujet doit faire abstraction de la différence de couleur. Cet inconvénient s'atténue lorsque les deux champs sont de tonalité voisine ou lorsque les mesures sont faites en vision périphérique. Par contre la méthode est tout-à-fait appropriée en une vision scotopique.

b) la méthode de pas à pas évite les difficultés de la méthode précédente en faisant comparer à plusieurs reprises 2 champs spectraux de longueurs d'onde voisines $\lambda - \frac{\Delta\lambda}{2}$ et $\lambda + \frac{\Delta\lambda}{2}$ ($\Delta\lambda$ étant une petite différence de longueur d'onde). Cette méthode élimine les différences de couleur entre les deux champs, mais exige l'intégration des résultats sujets à de grandes imprecisions.

c) la méthode de papillotement est basée sur la comparaison successive, à raison de 10 à 20 fois par seconde, du champ spectral et du champ de référence, le minimum de papillotement étant le critère recherché. Cette méthode est plus précise et plus facile que la précédente (exception faite des cas où la fréquence critique de fusion est altérée). Mais on peut se demander si la fonction ainsi obtenue se rapporte uniquement à la seule E.L.R.

Wright associe la comparaison directe et le papillotement, et parfois la photométrie additive.

2°) La méthode des seuils :

Nous pouvons non seulement évaluer correctement l'égalité de luminosité de plusieurs champs mais aussi apprécier des seuils achromatiques de luminance énergétique. Si on mesure ces seuils dans des conditions expérimentales bien définies, pour les différentes radiations monochromatiques d'un spectre d'égale énergie, et si l'on établit un graphique où les longueurs d'onde sont mises en abcisses et les inverses des seuils (donc les sensibilités) en ordonnées, on obtient une courbe qui ressemble à une courbe d'E.L.R. Ce n'est en fait qu'une variante de cette dernière.

III - Les principaux facteurs influençant une courbe individuelle d'E.L.R.

Ce sont :

1) le niveau lumineux et les dimensions du champ photométrique, ainsi que la région rétinienne explorée ;

2) la méthode employée et le temps d'exposition ;

3) la composition spectrale du champ de référence, le champ environnant et les autres facteurs extérieurs.

1°) Le niveau lumineux, les dimensions du champ photométrique et la région rétinienne explorée, doivent être étudiés simultanément étant donné les rapports étroits qui les unissent.

- L'oeil est en effet constitué de deux récepteurs

ou encore de deux "rétines" pour reprendre l'expression de Parinaud, qui à la fin du siècle dernier mit l'accent sur cette dualité fonctionnelle.

Le récepteur diurne occupe toute la surface de la rétine anatomique et ne fonctionne qu'aux niveaux élevés avec une efficacité lumineuse relative représentée approximativement par la courbe photopique de la C.I.E.

Le récepteur nocturne, absent au niveau de la fovéa, entre en fonctionnement lorsque l'oeil est adapté aux faibles niveaux lumineux. Il se caractérise par une efficacité lumineuse relative décalée vers les longueurs d'onde courtes représentée par la courbe scotopique de la C.I.E.

Par conséquent seule la périphérie rétinienne peut présenter l'effet Purkinje et donner des courbes d'E.L.R. très différentes suivant le niveau lumineux du champ photométrique. Tandis que la fovéa ne peut fournir qu'une courbe d'E.L.R. de type photopique.

- Avant d'envisager les particularités de la courbe d'E.L.R. en vision fovéale il faut d'abord rappeler l'étendue exacte de cette aire fovéale.

D'après les anciennes données de Parinaud et de Von Kries, l'effet Purkinje ne se manifesterait pas dans un champ centré sur le point de fixation photopique et dont les dimensions angulaires sont de 1°40' horizontalement et 1°20' verticalement.

Les données récentes confirment entièrement cet ordre de grandeur. On peut démontrer l'existence d'un léger phénomène de Purkinje avec un champ de 2° fixé centralement (Wright 1946 ; Sperling et Lewis 1959).

Il est certain que la courbe V_λ de la C.I.E. établie au moyen d'un champ de 2 ou 3° et à un niveau lumineux, relativement bas, n'est pas rigoureusement photopique.

Il est en effet nécessaire ici d'avoir un champ limité à la fovéa, d'opérer certes après une bonne adaptation diurne mais en outre à un niveau lumineux suffisamment élevé.

Mais que se passe-t-il si l'on augmente beaucoup le niveau lumineux du champ photométrique ? On obtient une augmentation de la sensibilité aux longueurs d'onde courtes par rapport aux grandes longueurs d'onde : c'est l'"effet Purkinje inverse" dont l'historique a été retracé par Y. Le Grand (1948).

Il peut s'observer aussi avec des champs de quelques minutes de diamètre (Bedford et Wyszecki, 1958).

Toutefois si l'on compare les résultats obtenus avec un champ de l'ordre du degré à ceux obtenus (dans des conditions identiques) avec un champ de l'ordre de 10', ou moins, ces derniers sont généralement caractérisés par une moindre sensibilité aux longueurs d'onde courtes par rapport aux premiers. (Sperling et Hsia, 1957).

Enfin il est important de souligner, que contrairement à la fonction fictive $V\lambda$ de la C.I.E., toutes les courbes réelles d'E.L.R. sont caractérisées par la présence d'inflexions et de maxima secondaires. Ceux-ci sont principalement situés en deçà de 460, vers 480 et surtout vers 610 nm.

- En vision périphérique, on peut toujours mettre en évidence le phénomène de Purkinje.

Aux niveaux très bas, on obtient une courbe d'E.L.R. identique ou presque identique à la fonction $V'\lambda$ de la C.I.E. Par contre on se rapproche de plus en plus de la fonction $V\lambda$ si le niveau lumineux augmente (les courbes "mésopiques" d'E.L.R. que l'on obtient aux niveaux intermédiaires, ont été particulièrement bien étudiées par Weaver en 1949 et par Kinney en 1958).

Tout comme les courbes fovéales, les courbes périphériques photopiques d'E.L.R. sont caractérisées par l'existence de maxima secondaires vers 460, 480 et 600 nm. Ces maxima secondaires ne seraient pas dûs à la présence d'un pigment jaune, puisque celui-ci fait défaut au delà d'une excentricité de 8° (Sperling et Hsia, 1958) Témoignent-ils de l'activité de certains types de photorécepteurs sensibles à des régions étroites et déterminées du spectre visible ? Toutefois les courbes périphériques photopiques ne sont jamais superposables aux courbes fovéales, car elles sont caractérisées par une importance bien plus grande du maximum secondaire à 460 nm, qui l'emporte même sur le maximum à 550 nm dès que l'excentricité de 25° est dépassée (Weale 1953).(fig.23).

2°) La méthode employée et le temps d'exposition.

La facilité d'exécution et le degré de précision peuvent influer : c'est par la méthode de papillotement que l'on obtient les courbes les plus régulières.

De plus la plupart des auteurs qui ont comparé les différentes méthodes de photométrie hétérochrome affirment que le papillotement donne, par rapport à la comparaison directe et au pas à pas, une courbe déprimée dans le rouge et dans le vert (Galifret et Piéron, 1957) le maximum étant déplacé vers les grandes longueurs d'onde. Ferree et Rand (1925) ont montré que ces différences s'expliquaient sans doute par le caractère dynamique du papillotement opposé au caractère statique du pas à

à pas, et ils seraient parvenus à les atténuer en réduisant dans cette dernière méthode le temps d'observation à 0,I sec. Il est d'ailleurs bien connu qu'une modification du temps d'exposition change toujours les rapports des sensations de luminosité produites par les différentes longueurs d'onde (Fry, I935).

Sperling et Lewis (I959) ont comparé les résultats du papillotement, de la comparaison directe et des seuils achromatiques chez trois sujets ; les courbes fournies par le papillotement et par la comparaison directe sont très similaires (aussi en ce qui concerne les bosses à 430, à 480 et à 600 nm) ; tandis que la méthode des seuils avantage beaucoup l'extrémité froide du spectre et accentue encore la bosse à 600 nm.

3°) La composition spectrale du champ de référence, le champ environnant et les autres facteurs extérieurs

a) La composition spectrale du champ de référence, utilisé lors de la photométrie hétérochrome, est susceptible d'intervenir sur la forme de la courbe. En effet, Helmholtz remarque, lors de la comparaison directe de deux lumières différemment colorées, que cette différence de couleur pouvait agir directement sur l'égalisation. Autrement dit, la courbe d'E.L.R. pourrait dépendre de la composition spectrale des sources.

Ce phénomène, étudié expérimentalement par Kohlrausch (I923) et confirmé ensuite par les travaux de Blottiau, se montre variable. Toutefois, aux niveaux élevés, il peut y avoir un effet helmholtz-kolrausch non réfutable en raison des phénomènes d'adaptation temporelle. Par exemple l'action d'une lumière verte sur la rétine affaiblit à la longue la sensibilité de celle-ci au vert, dont le facteur de visibilité relative par rapport au rouge pourrait donc diminuer . (Y.Le Grand I948).

b) Le champ environnant est fréquemment obscur, le champ photométrique étant la seule lumière visible pendant la mesure. On utilise de préférence, en raison des effets d'adaptation, un champ environnant étendu et de même luminance que le champ photométrique.

Wright (I946) et Kinney (I958) ont insisté sur ce point : en effet si le champ environnant est sombre, la sensibilité lumineuse de l'aire rétinienne testée tend à augmenter et la courbe serait un peu déprimée dans le rouge.

c) L'état d'adaptation du sujet est également très important. Notamment la luminance du local où se trouve placé le sujet avant et pendant les mesures doit être fixée judicieusement.

En cas de mesures en vision scotopique on fera précéder

l'examen d'une adaptation à l'obscurité, les bâtonnets acquérant ainsi leur maximum de sensibilité lumineuse.

La durée des mesures est également un facteur non négligeable surtout si le niveau du champ photométrique diffère notablement de celui du local ; en ce cas l'état d'adaptation se modifie au cours même de l'examen.

Nous ne ferons que citer les variations saisonnières : tous les autres facteurs étant fixés, la courbe d'E.L.R. peut varier légèrement d'une période à l'autre.

On voit combien l'étude de l'E.L.R. est intéressante en ce qui concerne la physiologie rétinienne. Mais elle fournit également des renseignements fort utiles en ce qui concerne les dyschromatopsies congénitales et acquises.

IV - Les courbes d'E.L.R. dans les déficits congénitaux et acquis de la vision colorée.

1°) Dans les déficits congénitaux la courbe scotopique d'E.L.R. est toujours normale, tandis que la courbe photopique est souvent altérée.

Dans la protanomalie et dans la protanopie on trouve toujours une très forte dépression dans le rouge avec un important décalage du maximum vers les longueurs d'onde courtes, le maximum de la courbe est situé entre 545 et 540 nm (Pitt 1944) ; de plus, la bosse à 610 nm est absente (Thomson, 1951).

Dans la deutéranomalie et la deutéranopie ; la courbe paraît plus ou moins normale si l'on fait appel à la photométrie hétérochrome, mais la méthode des seuils met en évidence un déficit important au niveau des longueurs d'onde courtes (Collins 1961).

La tritanomalie et la tritanopie sont sans doute caractérisées par un déficit dans le bleu, mais ce déficit est difficile à mettre en évidence (Wright 1952).

Dans l'achromatopsie typique, la courbe est toujours de type scotopique, même aux niveaux lumineux les plus élevés. Dans l'achromatopsie atypique, la courbe d'E.L.R. est soit à peu près normale, soit protanopique, soit scotopique ; dans d'autres cas encore, bien décrits par H. et O.Blackwell (1957), le maximum photopique est situé à 440 nm.

2°) Dans les déficits acquis, la courbe d'E.L.R. a fait l'objet de travaux encore peu nombreux.

- Une étude concernant la rétinite pigmentaire a été

faite par Larsen (I923) : l'auteur a obtenu des courbes descendant beaucoup plus rapidement dans les longueurs d'onde courtes que chez un sujet normal.

- En I944, Wald et Burian ont montré, à l'aide d'une méthode de seuils, que la fonction d'E.R.L. est normale dans l'amblyopie strabique.

- En I959, Sing-Min-Hong a étudié la courbe d'E.R.L. dans différentes affections oculaires qu'il a classé en deux groupes : rétinien et neural.

Dans le groupe rétinien qui correspond, nous l'avons vu aux déficits d'axe bleu-jaune, l'auteur a trouvé une courbe scotopique déplacée vers les longueurs d'onde courtes. Dans les formes les plus sévères, cette courbe pourrait se déplacer jusqu'à devenir identique à celle de la vision scotopique.

Dans le groupe neural, qui correspond donc aux déficits d'axe rouge-vert, la courbe photopique ne serait pas altérée bien que la perception colorée puisse être perturbée partiellement ou en totalité.

- J.Cox a étudié en I960 la fonction photopique d'E.L.R. chez I5 malades.

Dans les déficits bleu-jaune, l'auteur a trouvé une courbe normale, sauf dans les cas avancés où elle devient beaucoup plus étroite, la dépression portant surtout sur les longueurs d'onde courtes mais aussi sur les longueurs d'onde longues

Dans les déficits rouge-vert, l'auteur distingue 2 groupes. Dans un premier groupe, rappelant la protanopie congénitale, et concernant des cas de dystrophie maculaire avec pigmentation ainsi que d'atrophie optique de type Leber, J.Cox a trouvé un déplacement très important, de la courbe vers les longueurs d'onde courtes. Comme le maximum peut être situé vers 5I0 nm. On retrouverait alors une "courbe scotopique" plutôt qu'une "courbe protanopique".

Dans un second groupe, rappelant la deutéranopie congénitale et concernant 2 cas de névrite rétrobulbaire de la sclérose en plaques ainsi qu'un cas d'atrophie optique familiale, l'auteur a trouvé une courbe presque normale, tout au plus un peu déplacée vers les longueurs d'onde longues .

3°) J.Zanen a étudié, chez des sujets normaux et des sujets atteints de dyschromatopsie acquises diverses, les seuils achromatiques fovéaux pour différentes radiations monochromatique

Dans la plupart des observations ayant trait à des cas de névrite optique aiguë et d'intoxication digitalique (Zanen, Meunier et Coppez, I956), d'atrophie optique post-traumatique, de rétinite séreuse centrale, de choriorétinite maculaire, de dégénérescence maculaire, de stries angioïdes et de rétinopathie pigmentaire, l'auteur a trouvé une élévation similaire pour toutes les radiations utilisées, de telle sorte que l'on ne pourrait induire de ces données une déformation de la fonction d'E.L.R.

Par contre, le diabète serait caractérisé par une élévation élective des seuils achromatiques dans la partie froide du spectre (423,495 et 5I5 nm : Zanen, Szues et Pirart, I957). Par contre la névrite rétrobulbaire de la sclérose en plaques (Zanen et Meunier, I958) serait caractérisée par un déficit au niveau de l'extrémité rouge du spectre visible. Une élévation des seuils achromatiques dans les grandes longueurs d'onde a également été retrouvéepar l'auteur dans l'amblyopie strabique (Zanen et Szues, I956) et ceci d'autant plus nettement que l'acuité visuelle de l'oeil amblyope est basse.

C H A P I T R E II

Le colorimètre de Helmholtz et la détermination de la courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative.

I - Le colorimètre de Helmholtz

Le colorimètre de Helmholtz, fabriqué par les établissements Schmidt et Haensch à Berlin, est l'appareil grâce auquel Helmholtz, Koenig et Von Kries ont réalisé leurs études capitales sur la discrimination colorée normale et pathologique et grâce auquel les fondamentales ont été déterminées pour les première fois par ces auteurs.

Le modèle I, dont nous nous sommes servis (fig.25) permet d'observer en vision dirigée un champ circulaire dont le diamètre apparent de 3° se compose de 2 parties égales et homogènes, que sépare une ligne verticale.

Abstraction faite des dispositifs additionnels, l'appareil se compose essentiellement (fig.24) de deux collimateurs mobiles, disposés symétriquement de part et d'autre d'un prisme de dispersion équilatéral, unique et immobile ; la lumière fournie par chaque collimateur éclaire la moitié hétérolatérale du champ de la lunette d'observation unique et immobile.

La position angulaire de chaque COLLIMATEUR est repérée, à 30" près, à l'aide d'un secteur gradué pourvu d'un vernier.

Chaque collimateur se compose des éléments suivants : une source lumineuse constituée par une lampe à incandescence entourée d'un manchon métallique présentant une ouverture circulaire de 5 cm de diamètre ; l'alimentation de la lampe est assurée par le réseau et un stabilisateur ; une fente d'entrée bilatérale, dont l'ouverture peut être modifiée à l'aide d'un bouton soigneusement calibré ; un prisme tournant de polarisation d'après Glan-Thomson, dont la position angulaire peut être repérée avec précision ; un prisme biréfringent, qui peut-être déplacé le long de l'axe du collimateur de façon mesurable ; un objectif dont la distance focale est de 240 nm.

Le collimateur situé à la gauche de l'observateur est le collimateur I, celui situé à sa droite est le collimateur II.

L'angle observé du PRISME DE DISPERSION est taillé avec un grand soin, de telle sorte qu'il est invisible si les couleurs et les luminances des lumières fournies par les deux collimateurs sont identiques.

La LUNETTE D'OBSERVATION se compose d'un objectif, dont

la distance focale est de 240 mm, d'un oculaire équipé d'une fente de sortie, et d'une loupe d'accomodation.

Les rayons lumineux divergents fournis par la fente d'entrée d'un collimateur sont polarisés linéairement par le prisme de Glan-Thomson, puis analysés par le prisme biréfringent en un rayon ordinaire et un rayon extraordinaire. La fente d'entrée du collimateur étant située dans le plan focal de l'objectif du collimateur et la fente de sortie de la lunette d'observation étant située dans le plan focal de l'objectif de cette lunette, la fente d'entrée est donc représentée dans le plan de la fente de sortie par deux images polarisées à angle droit. La distance entre ces deux images dépend de la position du prisme biréfringent le long de l'axe du collimateur. Si la direction du rayon extraordinaire n'est pas modifiée par le déplacement longitudinal de ce prisme celle du rayon ordinaire varie proportionnellement avec ce déplacement.

En réalité, les rayons lumineux provenant d'un collimateur traversent le prisme de dispersion et sont étalés par ce dernier d'après leurs longueurs d'onde, de telle sorte que les deux images de la fente d'entrée dans le plan de la fente de sortie sont deux spectres continus. La fente de sortie sélecte dans ces deux spectres deux étroites bandes, dont les localisations spectrales dépendent, de façon mesurable, de la position angulaire du collimateur et de la position du prisme biréfringent (le spectre formé par les rayons extraordinaires restant en place et celui fourni par les rayons ordinaires se décalant progressivement vers les longueurs d'onde longues quand le prisme biréfringent est éloigné de la fente d'entrée). Le rapport des luminances des deux bandes spectrales est conditionné, de façon mesurable, par la position angulaire du prisme de Glan-Thomson ; la somme de leurs luminance dépend, de façon mesurable, des largeurs des fentes comme il n'y avait pas de dispersion. Les deux bandes spectrales tombent sur le même territoire rétinien et leur mélange est donc additif.

Le colorimètre de Helmholtz est un appareil de haute précision, mais il est néanmoins entâché de quelques défauts dont les principaux sont la courbe prismatique des spectres, un léger décalage des spectres ordinaires et extraordinaires (dû aux différents indices de réfraction), et un léger défaut de proportionnalité entre les luminances et les échelles de la fente d'entrée et du prisme Glan-Thomson. En ce qui concerne les fentes d'entrée, on ne peut avoir une confiance complète que pour les valeurs comprises entre 0,3 et 1,5 mm ; en ce qui concerne les prismes de Glan-Thomson, on se basera d'abord sur les valeurs comprises entre 30° et 60°.

Des dispositifs surajoutés par le Dr Verriest permettent d'une part de fournir de la lumière blanche à chaque moitié du

champ d'observation grâce à deux sources lumineuses subsidiaires pourvues de polaroïds croisés et éclairant les faces latérales du prisme, et d'autre part de faire alterner la lumière fournie par le collimateur I et la lumière blanche fournie par la source lumineuse subsidiaire hétérolatérale.

En résumé, le colorimètre de Helmholtz donne un champ circulaire de 3°, dont chaque moitié peut recevoir, en proportions mesurables et indépendantes, deux radiations monochromatiques quelconques et une lumière blanche.

Il permet d'étudier entre autres la courbe d'efficacité lumineuse relative d'après la méthode du pas-à-pas ou d'après la méthode de comparaison directe, en fournissant une radiation monochromatique à une moitié du champ et une radiation monochromatique ou une lumière blanche à l'autre moitié ; on peut également étudier la courbe d'efficacité lumineuse relative d'après la méthode de papillotement, en faisant alterner une radiation monochromatique et une lumière blanche sur la même moitié du champ.

II - Détermination de la courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative.

Afin de déterminer les fonctions normales et pathologiques d'E.L.R. nous avons donc fait appel à des égalisations photométriques subjectives et hétérochromes entre une lumière blanche constante de référence B et des lumières monochromatiques de longueurs d'onde diverses fournies par le collimateur I du colorimètre de Helmholtz. Toutes les égalisations sont obtenues uniquement par modification de la luminance de la lumière monochromatique. Cette modification là est réalisée en règlant la largeur de la fente d'entrée du collimateur I et, éventuellement, en interposant un filtre gris en avant de ce collimateur.

On peut démontrer que $\log V_\lambda = \text{colog } F_\lambda + \text{colog } T_\lambda + \log C_\lambda$
$(\text{colog } F_\lambda = \text{colog } T_M + \log C_M)$

Si V_λ est le facteur d'E.L.R. d'une lumière monochromatique de longueur d'onde quelconque :

F_λ la largeur de la fente d'entrée du collimateur I
T_λ le facteur de transmission spectrale du filtre gris
C_λ un facteur de correction isoénergique

pour chaque lumière monochromatique, de longueur d'onde λ dont la luminance est égalisée à celle de la lumière blanche B

FM la largeur de la fente d'entrée du collimateur I
TM le facteur de transmission spectrale du filtre gris
CM un facteur de correction isoénergétique

) Pour une lumière de longueur (d'onde λM (correspondant à) la sensibilité maximum de (l'oeil) dont la luminance est) égalisée à celle de la lu- (mière blanche B.

Les longueurs d'onde λ sont obtenues par déplacement angulaire du collimateur I, le vernier incorporé permettant une précision de l'ordre de 30".

Ce type d'expérience n'exigeant pas que plusieurs longueurs d'onde soient obtenues simultanément, le nicol et le spath sont maintenus respectivement à 90° et à 0 nm. La relation entre la position angulaire du collimateur et la longueur d'onde a été elle-même régulièrement déterminée à l'aide du repérage des quatre raies principales du spectre d'émission d'une lampe au cadmium. En portant les valeurs correspondantes sur un graphique de HARTMANN, on peut facilement interpoler et extrapoler les positions angulaires donnant toutes les longueurs d'onde comprises entre 400 et 700 nm. En pratique, nous nous sommes contentés d'effectuer les mesures de 10 nm en 10 nm.

Les valeurs de F_λ fournies par les lectures instrumentales peuvent être acceptées sans réserve, car nous avons évité, grâce à l'emploi du filtre gris dans la région moyenne du spectre, les ouvertures faibles qui seules sont sujettes à caution. La conversion de Fv en colog Fv est réalisée à l'aide d'une table.

La transmission spectrale du filtre gris a été déterminée à l'aide d'un spectrophotomètre Unicam ; un tableau donne les valeurs de T_λ et de colog T_λ de 10 nm en 10 nm. La détermination spectro-photométrique subjective de la courbe de transmission du filtre, réalisée à l'aide du colorimètre même, donne à peu près les mêmes valeurs de Tv.

Enfin, en ce qui concerne les facteurs de correction isoénergétique C ils ont été déterminés grâce à des mesures (au moyen de thermopile et de galvanomètre) de l'énergie recueillie au niveau de la fente de sortie.

En pratique, afin de calculer la fonction log V_λ, nous déterminons d'abord une fonction log V_λ :

$$\text{Log } v_\lambda = \text{colog } F_\lambda + \text{colog } T_\lambda + \log C_\lambda$$

L'étude du graphique représentant la relation entre λ (en abscisse) et log v_λ (en ordonnée) permet de déterminer λM, longueur d'onde pour laquelle l'oeil examiné est le plus sen-

sible, ainsi que l'ordonnée correspondante log vM : ce log vM est la valeur maximale de log v_λ et est une constante pour chaque sujet ou pour chaque groupe homogène de plusieurs sujets.

Ensuite, nous pouvons déterminer la fonction log V_λ , puisque : log V_λ = log v_λ - log vM

Toutefois, nous nous référons surtout aux fonctions initiales log v_λ car, contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce sont les fonctions log V_λ qui sont de hauteur arbitraire et non les fonctions log v_λ . Ces dernières sont en effet plus significatives puisque leur hauteur est déterminée par la luminosité apparente de la source blanche de référence B.

Les égalisations entre les lumières monochromatiques et la lumière blanche de référence ont été réalisées d'après deux méthodes différentes : la méthode par comparaison directe et la méthode par papillotement.

- La comparaison directe est effectuée sur un champ circulaire de 3° de diamètre, dont la moitié droite reçoit la lumière monochromatique fournie par le collimateur I et dont la moitié gauche reçoit la lumière blanche de référence fournie par une source lumineuse subsidiaire A et réfléchie sur la face gauche du prisme de dispersion.

La luminance de cette lumière blanche de référence est de I,28 cd/m2.

- La comparaison par papillotement n'est effectuée que sur la moitié droite du champ de 3° : celle-ci reçoit alors alternativement la lumière monochromatique fournie par le collimateur I et la lumière blanche de référence fournie par une source lumineuse subsidiaire B et réfléchie sur la face droite du prisme de dispersion. La luminance de cette lumière blanche de référence est de 0,96 cd/m2. Les phases monochromatiques et blanches sont strictement égales ; l'alternance est de 20 phases doubles par seconde et est réalisée par des secteurs tournants actionnés par un moteur.

Comme il existe des différences systématiques entre les courbes de visibilité spectrale obtenues par ces deux méthodes, nous les considérons comme deux fonctions différentes que nous désignerons respectivement à l'aide de symboles log V_λ D et log V_λ P. Leurs maxima respectifs sont situés à λ M.D. et λ M.P. ; les fonctions à partir desquelles nous les avons déterminés sont log v_λ D et log v_λ P.

C H A P I T R E III

La fonction d'efficacité lumineuse relative chez les sujets normaux.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons déterminé en premier lieu les fonctions d'efficacité lumineuse relative chez quelques sujets normaux, ceci :

1°) afin de vérifier si les méthodes d'examen que nous utilisons sont valables et donnent des courbes comparables à celles de la littérature ;

afin de vérifier notamment si nous retrouvons également des écarts systématiques entre les résultats obtenus à l'aide de la méthode par comparaison directe et les résultats obtenus à l'aide de la méthode de papillotement, et afin de déterminer en quelle mesure nos courbes normales moyennes diffèrent de la courbe de l'observateur de la C.I.E. ;

2°) enfin pour disposer de courbes normales de référence, se rapportant à nos conditions expérimentales et permettant de mieux apprécier les altérations pathologiques éventuelles des courbes relevées chez des sujets atteints d'affections ophtalmologiques.

Nous avons fait appel à 10 sujets normaux (tableau I).

Les tableaux I et II donnent les valeurs de log v_{λ} , D et de log v_{λ} , P obtenues chez les sujets (portées sur les fig. 26 et 27) ainsi que les moyennes de ces valeurs pour chaque longueur d'onde utilisée. La représentation graphique de ces nombres donne comme valeurs moyennes de $_{\lambda}$ m, D et de $_{\lambda}$ m, P les longueurs d'onde de 54 x 10 nm et de 58 x 10 nm, et comme valeurs moyennes de log vm, D et de log vm, P les valeurs 2,87 et 2,55. C'est en retranchant ces nombres des moyennes de log v_{λ} , D et de log v_{λ} , P que nous avons obtenu nos fonctions log V_{λ} , D et de log V_{λ} , P.

Les dernières colonnes des tableaux 2 et 3 permettent de comparer ces résultats avec ceux obtenus par GIBSON et TYNDALL (1923) sur 52 sujets à l'aide de la méthode du pas à pas au moyen d'un champ de 3° et de luminance variable ; avec ceux obtenus par COBLENTZ et EMERSON (1917) sur 125 sujets à l'aide de la méthode de papillotement au moyen d'un champ de 2°, de luminance égale à 1,5 cd/m2 ; enfin avec la courbe V_{λ} de la C.I.E.

L'étude de toutes ces données conduit aux conclusions suivantes :

1°) Notre courbe moyenne log V_{λ} , D montre le meilleur ajustement avec la courbe de GIBSON et TYNDALL et avec celle de la C.I.E. (fig.28), si l'on adopte 2,87 comme valeur de log vM D. C'est d'ailleurs à cette valeur que nous avons fait appel pour calculer notre fonction log V_{λ} , D. Néanmoins, il existe encore un écart positif en deçà de 490 nm, un écart négatif entre 550 et 620 nm (cet écart atteint 0,17 unité logarithmique à 580 nm), et un très léger écart positif au de là de 630 nm. Les déformations comprises entre l'extrémité violette du spectre et 620 nm sont irréductibles ; par contre on peut amener la branche rouge de notre courbe coïncider très exactement avec celle de GIBSON et TYNDALL si l'on adopte 2,9I comme valeur de log vM, D. Pour faire coïncider notre branche rouge avec celle de la courbe de la C.I.E., il faut faire appel à une valeur encore plus élevée, notamment 2,96.

Notre courbe moyenne log v_{λ} , P montre le meilleur ajustement avec celle de COBLENTS et EMERSUN et avec celle de la C.I.E. (fig.29) si l'on adopte 2,55 comme valeur de log vM, P c'est d'ailleurs à cette valeur que nous avons fait appel pour calculer notre fonction V_{λ} , P. Néanmoins, il existe un écart systématique négatif en deça de 570 nm et un écart systématique positif au-delà de 570 nm. La déformation de la branche bleue est irréductible ; par contre on peut amener la branche rouge à coïncider avec celle de COBLENTZ et EMERSON ainsi qu'avec celle de la C.I.E. si l'on adopte 2,75 comme valeur de log vM,P.

Dans la région du spectre correspondant aux longueurs d'onde inférieures à 470 nm, nos facteurs log V_{λ} , D'. et log V_{λ} P'. ceux de GIBSON et TYNDALL et ceux de COBLENTZ et EMERSUN sont tous bien plus élevés que ceux de la C.I.E. ; en fait ce sont ces derniers qui sont tout à fait inexacts et arbitraires (Le GRAND I948). Nos valeurs correspondant à la région comprise entre 400 et 440 nm sont néanmoins par trop élevées, de telle sorte que la courbe d'E.L.R. remonte à cette extrémité du spectre visible.

2°) La méthode de comparaison directe donne une plus grande dispersion des réponses individuelles que la méthode de papillotement (fig.30 et 31), bien que certains sujets fassent facilement abstraction de la couleur et donnent par conséquent des courbes très régulières même lors de la comparaison directe. De toutes façons, la dispersion individuelle est maximum au niveau des parties froides et moyennes du spectre visible pour la comparaison directe, tandis que pour le papillotement elle se manifeste surtout aux deux extrêmités. C'est au niveau donc des longueurs d'onde les plus courtes que l'on obtient toujours les réponses les moins cohérentes ; ceci a déjà été signalé par WRIGHT (I952).

La longueur d'onde de visibilité maximale λM et l'ordonnée correspondante log λM sont toujours très difficiles à

déterminer : en efet, c'est aux environs de λ M que la comparaison directe donne les résultats les plus imprécis, tandis que le papillotement donne dans cette région des réponses précises mais variant fort, peut être 550 et 600 nm. C'est pourquoi nous nous contenterons d'affirmer que notre λ M, D moyen se situe vers 54x10nm et que notre λ M,P.moyen se situe vers 58x10nm, les variations individuelles étant respectivement comprises entre 52 x 10 et 55 x 10 et entre 54 x 10 et 59 x 10 nm.

Bien sûr, nous savons que les courbes d'E.L.R. des sujets normaux présentent effectivement de grandes variations individuelles quelque soit la méthode utilisée : c'est ainsi que les maxima des courbes individuelles des 125 sujets normaux de COBLENTZ et EMERSON se répartissent entre 549 et 570 nm ; par rapport à la moyenne (557,6 nm), l'écart quadratique moyen atteint presque 4 nm.

Nos écarts individuels sont toutefois encore plus grands, tandis que la précision des déterminations de λ M et de log vM laisse toujours beaucoup à désirer.

La conclusion pratique que nous avons tiré de ces faits est que, lors de la comparaison des sujets normaux et des sujets pathologiques, il était préférable d'utiliser les logarithmes plutôt que les valeurs naturelles et de faire appel donc aux fonctions log V_λ plutôt qu'aux fonctions log $v\lambda$.

3°) Notre vM, D moyen est de 54 x 10 nm et notre λ m,P. moyen de 58 x 10 nm ; nous retrouvons donc un fait bien connu : la courbe E.L.R. par comparaison directe est décalée vers les longueurs d'onde courtes par rapport à la courbe obtenue par papillotement, de telle sorte que le vM de GIBSON et TYNDALL est de 553 nm tandis que celui de COBLENTZ et EMERSON est de 557,5 nm et que celui de la C.I.R., de 555 nm, est une moyenne tout à fait fictive.

De toutes façons, notre λ M, P est décalé vers les longueurs d'onde longues par rapport aux données de la littérature. Nous aurions plutôt dû nous attendre à ce que le maximum soit décalé vers les longueurs d'onde courtes, la luminance de notre champ d'observation n'étant que de 1 cd/m2 et si l'on se réfère à WEAVER, le maximum correspondant devrait-être situé entre 540 nm (0,4 cd/m2) et 552 nm (6 cd/m2).

Les courbes moyennes log $v\lambda$, D et log $v\lambda$, P présentent d'autres caractères particuliers assez évidents, qui se retouvent d'ailleurs aussi sur les courbes individuelles. Rappelons d'abord que d'après IVES (1912), la comparaison directe donnerait, par rapport au papillotement, des facteurs plus élevés pour le rouge et plus petits pour le bleu. Un travail préliminaire de VERRIEST, (1958), dans lequel l'auteur

avait réalisé des courbes par comparaison directe et des courbes par papillotement à l'aide de la même lumière de référence, avait montré que la comparaison directe élève les facteurs au niveau des deux extrémités du spectre. A présent, nous retrouvons dans notre fonction log V / D l'élévation pour les longueurs d'onde courtes, mais non celle pour l'extrémité rouge du spectre ; ceci est dû au choix assez arbitraire des valeurs de log vM D. et de log / M P.

Par ailleurs, l'allure générale des deux types de courbes est aussi nettement différente. La comparaison directe donne un maximum assez accusé vers 530-550 nm, auquel fait suite une section plus fortement descendante, comprise entre 550 nm et 640 nm, puis une pente encore plus abrupte entre 640 nm et l'extrémité rouge du spectre. Par contre, le papillotement donne un plateau assez uniforme entre 540 et 600 nm ; auquel fait suite une branche"rouge" régulièrement descendante, de telle sorte qu'il n'y a pas d'angulation vers 620 nm. Des différences similaires mais moins évidentes se retrouvent quand on compare la courbe de GIBSON et TYNDALL à celle de COBLENTZ et EMERSON.

4°) Nos courbes d'efficacité présentent en outre des inflexions, dont les localisations sont trop constantes pour pouvoir être attribuées au hasard des erreurs de mesure. Ces points d'inflexions se situent vers 440 nm (comparaison directe), 490 nm (comparaison directe et papillotement) et vers 630 nm (comparaison directe). Cette dernière inflexion est manifestement dûe à l'existence d'une bosse vers 600 nm. Les données rassemblées par WRIGHT (1946) démontrent sans ambiguïté que ce maximum secondaire est dû à l'état d'adaptation plutôt mésopique de l'oeil examiné (fig.32).

La courbe d'E.L.R. dans les dyschromatopsies congénitales.

Afin de mieux apprécier les déformations de la courbe d'E.L.R. que nous avons constatées dans certaines dyschromatopsies acquises, nous avons représenté sur les fig.33, 34 et 35 quelques courbes que nous avons obtenues avec le Dr Verriest à l'aide des mêmes méthodes dans les principaux types de dyschromatopsie congénitale ; protanopie, protanomalie, deutéranopie deutéranomalie, et achromatopsie typique.

C H A P I T R E IV

La courbe spectrale d'efficacité lumineuse relative dans les dyschromatopsies acquises

Nous tenons à remercier bien vivement le Professeur J.François qui a mis à notre disposition ces observations nous permettant ainsi d'effectuer ce travail.

Nous ne mentionnerons ici que les observations où les courbes spectrales d'E.L.R. ont pu être faites, laissant volontairement de côté celles où uniquement le sens chromatique a pu être étudié.

En effet cet examen exige certes une acuité visuelle suffisante, mais aussi une bonne coopération du patient, un souci de précision de sa part durant une et parfois ... deux heures, ce qui bien sûr n'est pas toujours réalisable.

Ces observations au nombre de 37 en tout, concernent des cas de :

dégénérescences tapéto - rétiniennes périphériques
dégénérescences tapéto - rétiniennes centrales
chorio - rétinite séreuse centrale
choroïdite maculaire
oedème papillo-maculaire
myopie
albinisme isolé du fond d'oeil
glaucome
diabète
et affection diverses du nerf optique

O B S E R V A T I O N

A) DEGENERESCENCES TAPETO-RETINIENNES PERIPHERIQUES.

Obs. I. C.A., âgé de 47 ans.

Antécédents : géné surtout depuis 15 ans, héméralopie depuis toujours aucun antécédent familial.

Examen ophtalmologique

- Acuité visuelle : OD 6/10e avec + 1 (0° - 2,50)
  OG 1/10e non améliorable
- F.O. : des deux côtés les papilles sont pâles, les vaisseaux sont grêles, on trouve du pigment en ostéoblastes avoisinant la papille et l'atteignant presque.
- Champ visuel : rétrécissement concentrique de 10° environ de rayon, persistance d'un petit îlot périphérique temporal inférieur plus étendu à gauche.
- Adaptométrie : courbe très anormale.
- E.R.G. : néant
- Examen du sens chromatique : (OD)

- Les planches pseudo-isochromatiques de l'atlas d'ishihara : sont lues à l'exception des planches de contre-épreuve, à signaler une lecture pathologique parmi les planches de confusion, ce que nous résumons par : S + ; C : 3 +, 1 pa ; E : 4 + ; CE - P + ; D +

- Le carré vert du tritan-plate n'est pas vu.

- H.R.R. : strong BY defect (tritan) + mild RG defect.

- Panel D 15 : tracé où l'on retrouve toutes les confusions d'axes tritan.

- 100 hues : tracé bipolaire tritan, chiffre index : 183

- Anomaloscope : l'équation normale moyenne n'est pas acceptée, ce que nous figurerons par N - ; le quotient d'anomalie Q = 0,54.

En conclusion : déficit bleu-jaune, stade dichromatique avec quotient pseudo-protanomalique.

La courbe d'E.L.R. a été faite (fig. 3E courbe C), par comparaison directe, la méthode de papillotement n'a pu être utilisée le malade ne voyant pas la lumière papilloter.

Obs. 2. De R.W., âgé de 30 ans.

Antécédents : Héméralopie depuis toujours ; pas de notion d'hérédité.

Examen ophtalmologique :

- Acuité visuelle : 10/10e ODG avec + 2 D, 5 ODG
- F.O. : papille, vaisseaux, macula sont normaux des 2 côtés, mais à la périphérie on trouve une pigmentation fine, poussiéreuse, plus dense par endroits mais sans image en ostéoblastes.
- Champ visuel : rétrécissement concentrique.
- Adaptométrie : réponse anormale.
- E.R.G. : pathologique mais non typique de la rétinite pigmentaire.
- Examen du sens chromatique :

- Ishihara : S + ; C : 2 +, 2 pa ; E : 4 + ; CE : 2+; P + ; D +
- Tritan-Plate : est normal.
- H.R.R. : normal.
- Panel D-15 : normal.
- Egalement celui du 100 Hue, le chiffre-index est de 48.
- Anomaloscope : N - ; Q = 0,74 (à l'OG on a également N -, et Q = 0,66).

En conclusion : sens chromatique normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.36 et 37 courbe de R.E.)

Obs. 3. Ro. H., âgé de 23 ans.

Antécédents : héméralopie depuis toujours, baisse de l'acuité visuelle de loin depuis 1 an. Pas d'antécédent familial.

Examen ophtalmologique :

- Acuité visuelle : OD 3/10e ; OG 2/10e
- F.O. : vaisseaux surtout artères minces
  - papilles cireuses.
  - dans la région maculaire : de petites taches jaunâtres irrégulières saupoudrées d'un piqueté pigmentaire.
  - à la périphérie : taches jaunâtres et poussière fine pigmentaire, mais pas d'ostéoblaste. Au total aspect de rétinite ponctuée albescente.

- Champ visuel : rétrécissement concentrique très important, champ visuel tubulaire de 10° de rayon environ.
- E.R.G. : pathologique.
- Examen du sens chromatique : (ODG)
  Symptômes subjectifs : distingue mal le vert du bleu.

- Ishihara : S : - ; C : - ; E : - ; CE : - ; P :- ; D.
- Tritan-plate : carré bleu non vu.
- H.R.R. : planches de démonstration, non lues.
- Panel D-15 : toutes les confusions d'axe tritan.
- 100 hues : tracé bipolaire intermédiaire entre deutan et tritan, le chiffre index est de 469.
- Anomaloscope : N - ; Q = 0,7 - 0,8.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade dichromatique avec quotient pseudo-protanomalique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.36 et 37 courbe Ro).

Obs. 4. VB A., âgé de 53 ans.

Antécédents : Héméralopie depuis toujours, aucun antécédent familial (adressé par les O.R.L. qu'il avait consultés pour une surdité progressive).

Examen ophtalmologique :

- Acuité visuelle : OD = 9/10e avec - 0,75
  OG = 8/10e avec - 0,50
- F.O.D.G. : Papilles atrophiques, vaisseaux très grêles, atrophie choroïdienne et aplasie de l'épithélium pigmentaire, pigment à la périphérie disposé en ostéoblastes, enfin dégénérescence maculaire plus nette à droite.
- Champ visuel : gros scotome annulaire péricentral, des 2 côtés champ visuel tubulaire.
- Examen du sens chromatique : (O.D.)

- Ishihara : S + ; C - ; E - ; CE - ; P - ; D.-.
- Tritan-plate : carré bleu non vu.
- H.R.R. : strong BY defect (tritan) + médium RG defect
- Panel D-15 : 2 confusions d'axe tritan.
- 100 Hue : tracé bipolaire tritan, chiffre index 326.
- Anomaloscope : N -, Q = 0,8.

En conclusion : déficit bleu-jaune à un stade dichromatique avec quotient pseudo-protanomalique.

La courbe d'E.L.R. par comparaison directe a été faite (fig. 36, courbe VB).

Au total parmi ces 4 cas de dégénérescence tapéto-rétiniennes périphériques nous avons retrouvé 3 fois une dyschromatopsie d'axe bleu-jaune, comme il est habituel, le 4ème cas ayant un sens chromatique normal.

Les courbes d'E.L.R. (fig.36 et 37) montrent ;

- par comparaison directe : des facteurs assez élevés dans le bleu chez C. ; VB ; Chez R. des facteurs normaux dans le bleu mais par contre des valeurs diminuées à partir de 600 jusqu'à 700.

- par papillotement : l'abaissement de la sensibilité se retrouve à partir de 600.

B) DEGENERESCENCES TAPETO-RETINIENNES CENTRALES :

Obs. 5. A.E. âgée de 37 ans.

Antécédents : début il y a environ 7 ans par une diminution de l'acuité visuelle, aucun antécédent familial, la malade a un fils de 16 ans qui voit bien.

Examen ophtalmologique.

- Acuité visuelle : 3/10e ODG porte ODG - 1,25 (90° -0,50)
- F.U.D.G. : dégénérescence maculaire surtout sous forme de "bave d'escargot", avec un peu de pigment. Donc dégénérescence de type Stargardt.
- Champ visuel (ODG) : scotome central, isoptères périphériques normaux.
- Examen du sens chromatique :

  - Ishihara : S + ; C4- ; E 4- ; CE 1 pa, 1- ; P pa ; D -
  - Tritan-plate: carré bleu non vu.
  - H.R.R. : mild R.G. defect
  - Panel D-15 : erreurs mineures tritanes.
  - 100 Hue : tracé bipolaire deutan, avec un chiffre index de 250.
  - Anomaloscope : N -, Q = 0,5 - 0,7.

En conclusion : déficit rouge-vert au stade trichromatique avec quotient pseudo-protanomalique.

La courbe d'E.L.R. par comparaison directe, a été faite (fig. 38, courbe A).

Obs. 6. B.F. âgé de 14 ans.

- Antécédents : il y a 7-8 ans on a remarqué qu'il ne voyait

pas bien en classe.
Antécédents familiaux : une arrière grand-mère maternelle, ainsi que le neveu (fils de sa soeur) de cette arrière grand-mère étaient devenus aveugles.

- Examen Ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : OD = I/20e : OG = I/20e
    dit mieux voir dans la pénombre qu'en pleine clarté.
  - F.O.D.G. : dégénérescence maculaire de Stargardt avec aspect en "bave d'escargot" plus quelques petites masses brunâtre. A la périphérie : dystrophie rétinienne avec poussière pigmentaire. Papilles normales.
  - Champ visuel : scotome central bilatéral étendu, (fixation excentrée).
  - Adaptométrie : normale.
  - Examen du sens chromatique :

    - Ishihara : S :pa ; C : 2 - ; 2 pa ; E : 4 - ; CE 2 - ; P - ; D -.
    - Tritan-Plate : carré bleu non vu.
    - H.R.R. : planches de démonstration, non lues.
    - Panel D-15 test : une erreur mineure, au retest par contre toutes les confusions d'axe intermédiaire entre protan et deutan.
    - 100 Hues : pas d'accumulation caractéristique, chiffre index ; 254.
    - Anomaloscope : N -, équation élargie de type protanomalique Q = 0,59.0,73 de plus V = 30, R = 3 ceci pour les luminances, mais pas d'égalisation du rouge pur ni du vert pur avec le jaune.

En conclusion : déficit rouge-vert ayant dépassé le stade trichromatique, avec quotient pseudo-protanomalique.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe (fig.38 courbe B).

Obs. 7. G.A. âgé de 39 ans.

Antécédents : début récent il y a 2 ans, le malade s'est aperçu d'une diminution de l'acuité visuelle à G et de l'existence de ce côté d'un petit scotome central.
A un frère ayant une dégénérescence maculaire bilatérale type Stargardt.
Pas d'autre antécédent familial.

Examen ophtalmologique :

- Acuité visuelle : OD = 10/10è avec - 0,75
  OG = 7/10è avec - 0,25 (en vision paracentrale).
- F.O. : OG. : trou maculaire (véritable schisis)
  OD. : normal.
- Champ visuel : OG. : scotome central.
  OD. : normal.
- Examen du sens chromatique :

Oeil gauche :

- Ishihara : S - ; C 2 +, 2 pa ; E 4 - ; CE 1 +, 1 pa P - ; D -.
- Tritan-plate : carré bleu non vu.
- H.R.R. : strong R.G. défect (deutan)
- Panel D-15 : toutes les confusions diamétrales deutan.
- 100 Hue : tracé bipolaire deutan, chiffre index : 328.
- Anomaloscope : N +, Q = 0,32 - 2,1 donc très grande zone d'égalisation s'étendant surtout vers le rouge, mais pas d'égalisation avec le rouge pur ou avec le vert pur. On note un assombrissement du rouge.

Oeil droit :

- Ishihara : S + ; C : 4 pa ; E : - ; CE : - ; P - ; D -.
- Panel D-15 : même tracé que pour l'O.G.
- Anomaloscope : fournit les mêmes renseignements qu'à l'O.G.

En conclusion ; malgré l'intégrité relative de l'acuité visuelle surtout à droite une dyschromatopsie rouge-vert est présente aux 2 yeux à un stade avancé avec assombrissement de l'extrémité rouge du spectre.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe uniquement le malade ne voyant pas la lumière papilloter (fig.38 courbe G.)

Obs. 8 . M.S. âgée de 40 ans.

- Antécédents : début en 1948 (il y a 12 ans) au décours d'une grossesse, il y aurait eu une aggravation ensuite des troubles de l'acuité visuelle après chaque grossesse. Elle se plaint de moins bien voir à la lumière du jour que dans la pénombre, d'être gênée par la lumière vive qui entraîne de la photophobie.

Antécédents familiaux : un frère ayant une maladie de Stargardt, pas d'autre cas connu dans la famille.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : OD : I/IOe O.G. : 0,04
  - F.O.D.G.: dégénérescence maculaire bilatérale type Stargardt, avec "bave d'escargot", lésions légèrement pigmentées, mais également aspect de rétinoschisis surtout à gauche.
  - Champ visuel :Scotome central plus étendu à gauche.
  - Examen du sens chromatique :

    - Ishihara : aucune des planches ne sont lues.
    - Tritan-plate : carré bleu non vu.
    - H.R.R. : les planches de démonstration ne sont pas lues.
    - Panel D-I5 : tracé anarchique, le retest est de type deutan (avec de nombreux entrecroisements).
    - IOO Hue : tracé tout à fait anarchique, chiffre index de I.II3.
    - Anomaloscope : N - ; Q : Q - ∞ , le rouge pur est égalisé avec 2 et le vert pur avec 5Q.

En conclusion : déficit vert-rouge ayant dépassé le stade dichromatique. Les données de l'anomaloscope laissent prévoir une courbe d'E.L.R. se rapprochant de celle d'une achromatopsie typique.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe (Fig.38 et 40 courbe M).

Obs. 9 . S.J.J., âgé de IO ans.

- Antécédents : en juillet I960 on a remarqué en classe qu'il ne voyait pas bien. Pas d'autre cas dans la famille.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : OD = I/20e, porte (0° - I,50)
    OG = 7/IOe, porte (I70°- 2)
  - F.O. : Dégénérescence maculaire bilatérale avec zones dégénératives atrophiques au milieu d'une migration pigmentaire poussièreuse par ci par là à la périphérie quelques petites taches jaunâtres atrophiques.
  - Champ visuel : OD. :Scotome central de IO°, périphérie indemne.
    OG. : petit scotome central.
  - Adaptométrie : normale.
  - E.R.G. : normal.
  - Examen du sens chromatique :

    - Ishihara : S + ; C 3 +, 1 pa ; E 4 + ; CE 2 - ; P + ; D +.

- Tritan-plate : normal.
- Panel D-15 : tracé normal.
- 100 Hue : ébauche de tracé bipolaire tritan, chiffre index : 106.
- Anomaloscope : N -, Q 0,62 - 0,8.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.38 et 39 courbe S).

Obs. 10. T.R. âgée de 17 ans.

- Antécédents : début remontant à 3 ans environ, par une diminution de l'acuité visuelle, découverte d'une dégénérescence maculaire type Stargardt. Pas d'autre cas dans la famille.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : de 2/10e ODG, non améliorable.
  - F.O. : dégénérescence maculaire bilatérale en "bave d'escargot" avec petits points jaunes, noirs, rougeâtres. A la périphérie un peu de pigment sous forme de poussière ou d'amas, avec quelques placards atrophiques. Au total dégénérescence type Stargardt avec participation périphérique surajoutée.
  - Champ visuel : Scotome central relatif et scotome annulaire à partir de 10° du point de fixation, dans le champ temporal.
  - Examen du sens chromatique :

    - Ishihara : normal.
    - Panel D-15 : tracé normal.
    - 100 Hue ; également normal, chiffre index : 49.
    - Anomaloscope : N +, Q = 0,8.

En conclusion : sens chromatique pratiquement normal, hormis le quotient de type protanomalique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig 38 et 39, courbe T).

Au total parmi nos 6 cas de dégénérescence tapéto-rétiniennes centrales, hormis ce dernier cas avec sens chromatique pratiquement normal, nous avons trouvé un cas avec dyschromatopsie bleu-jaune correspondant à des lésions maculaires essentiellement pigmentaires, et 4 autres cas avec dyschromatopsie rouge-vert, à des stades évolutifs différents, se rapportant à des lésions type Stargardt avec aspect en "bave d'escargot".

Malgré les différences individuelles de ces dernières lésions maculaires, telles que ces fonds d'yeux ne sauraient être confondus entre eux, il est assez frappant de retrouver par contre une dyschromatopsie d'axe rouge-vert dans la très grande majorité des cas.

Les courbes d'E.L.R. montrent :

1°) par comparaison directe : que tous les cas sont caractérisés par des valeurs très hautes dans le bleu. Dans 1 des cas (courbe S) tout le restant de la courbe est paradoxalement élevé.

Dans 3 autres cas (courbes T, B et A) on trouve des valeurs normales dans les parties moyenne et chaude du spectre. Chez G., les valeurs sont nettement trop basses entre 600 et 680 nm. Tandis que chez M. elles sont exceptionnellement basses dans le rouge, cette courbe se rapproche beaucoup de la courbe scotopique normale.

2°) par papillotement : S et T, qui ne montraient pas de diminution dans le rouge à la comparaison directe, ont également ici des valeurs normales dans le rouge. Mais S, présente des valeurs élevés dans le bleu tout comme à la comparaison directe.

En conclusion : ces courbes d'E.L.R. faites dans 6 cas de dégénérescence maculaire juvénile se caractérisent dans l'ensemble par une augmentation relative de la visibilité dans le bleu, et une diminution relative de la visibilité dans le rouge avec déplacement du maximum vers les longueurs d'onde courtes.

C) CHORIO-RETINITE SEREUSE CENTRALE :

Obs. II . D.S. âgé de 46 ans.

- Antécédents : atteinte de l'OD. en 1959. Ultérieurement de nombreuses poussées entrecoupées de rémissions où l'acuité visuelle remonte un peu.
- Examen ophtalmologique : OD. en légère divergence.
  - Acuité visuelle : OD. 8/10e avec + 0,50 (0° + 0,50) (fixation excentrique OG. : = 10/10e
  - F.O. : au niveau de la macula : rétine régulièrement soulevée avec aspect flou et rougeâtre de la fovéa.
  - Champ visuel : OD. petit scotome central. OG. : normal
  - Examen du sens chromatique : (OD.) il existe quelques symptômes subjectifs : le malade verrait mal le jaune confondrait parfois le rouge et le blanc.

- Ishihara : toutes les planches sont lues sauf les planches de contre-épreuve.
- Tritan-plate : carré vert non vu.
- H.R.R. : normal.
- Panel D-15 : tracé présentant toutes les confusions d'axe tritan.
- 100 Hue : tracé bipolaire tritan, chiffre index : 313.
- Anomaloscope : N - , Q = 0,51 - 0,54.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade dichromatique.

Le sens chromatique de l'autre oeil est strictement normal. La courbe d'E.L.R. n'a pu être faite que par comparaison directe, le papillotement n'étant pas perçu (fig 41, courbe D)

Obs. 12 . L.J. âgé de 39 ans.

- Antécédents : début en mars 1961 par une diminution de l'acuité visuelle à l'oeil droit.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : OD = 1/10e faible.
    OG = 10/10e
  - F.O. :aspect de chorio-rétinite séreuse centrale à droite, aspect normal à gauche.
  - Champ visuel : Scotome central à droite.
  - Examen du sens chromatique : (OD)

    - Ishihara : toutes les planches sont lues à l'exception des planches de contre-épreuve.
    - H.R.R. pratiquement normal.
    - Panel D-15 : au test et au retest une confusion d'axe tritan.
    - 100 Hue : pas d'accumulation caractéristique, chiffre-index : 132
    - Anomaloscope : N -, Q : 0,62 - 0,66.

En conclusion : léger déficit d'axe bleu-jaune, avec quotient pseudo-protanomalique.

Un tel déficit était déjà présent au tout début de l'affection alors que l'atteinte maculaire était des plus discrètes et que le diagnostic différentiel pouvait se poser singulièrement alors avec une névrite rétrobulbaire aiguë.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe (fig.41, courbe L.).

Obs. I3 . Me L., âgée de 48 ans.

- Antécédents : chorio-rétinite séreuse centrale de l'O.G. actuellement en poussée évolutive.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : OD. : IO/IOe
    OG. : I/IOe
  - F.O.: la macula à gauche est encore le siège d'un peu d'oedème.
  - Champ visuel :petit scotome central à gauche.
  - Examen du sens chromatique : (O.G.)

    - Ishihara : S + ; C : 1 +, 1 pa, 2 - ; E :2 +,1 pa,1-; CE + ; P + ; D -.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : mild R.G. defect (deutan)
    - Panel D-I5 : 1 confusion d'axe deutan et 1 confusion d'axe tétartan,
    - IOO Hue : tracé bipolaire d'axe intermédiaire entre deútan et tritan, chiffre-index : 228.
    - Anomaloscope : N + , Q = O,9.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

La courbe d'E.L.R. (comparaison directe) a été faite (fig. 4I, courbe Muy).

Obs. I5 . V.Q.D., âgée de 48 ans.

- Antécédents : chorio-rétinite séreuse centrale gauche, dont le début remonte à quelques mois, actuellement en régression.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D.G. : 3/IOe
    avec OD + 4 (90° + 2)
    OG + 4 (85° + 2)
  - F.O. : à G. : la macula est encore légèrement oedématiée, et présente des lésions dégénératives.
    à D. : normal.
  - Champ visuel : scotome caeco-central (O.G.)
  - Examen du sens chromatique : (O.G.) : quelques symptomes subjectifs sont signalés par la malade, elle confondrait le jaune et le blanc, ainsi que le vert et le rose.

    - Ishihara : toutes les planches sont lues à l'exception des planches de contre-épreuve.
    - Tritan-plate : carré bleu non vu, (carré vert vu rosâtre).

- H.R.R. : médium B.Y. defect (tritan) + mild R-G. defect.
- Panel D-I5 : toutes les confusions d'axe tritan (avec des entrecroisements).
- IQQ Hue : tracé bipolaire tritan, chiffre-index : 38I.
- Anomaloscope : N -, Q = Q,33 - Q,66

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade dichromatique. Le sens chromatique de l'O.D. est strictement normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 4I et 42, courbes V.Q.)

Obs. I6 . W.E., âgé de 38 ans.

- Antécédents : chorio-rétinite séreuse centrale G. dont le début remonte à 3 ans environ, actuellement quiescente.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. IQ/IQe avec (90° + Q,75)
    O.G. 7/IQe avec (90° + I)
    en vision paracentrale.
  - F.Q. : à gauche : aspect en mosaïque de la région maculaire avec ilôts dégénératifs blanc-jaunâtres, avoisinant avec des zones noirâtres pigmentées.
    à droite : normal.
  - Champ visuel : (O.G.) gros scotome central et paracentral de 2Q° de rayon environ débordant plus du côté temporal.
  - Examen du sens chromatique : le patient signale qu'il voit peu de différence entre le rose et le vert.

  - Ishihara : S + ; C : 3 +, 1- ; E : 3 +, 1- ; CE 2- ; P + ; D +.
  - Tritan-plate : normal
  - H.R.R. : mild R.G. defect.
  - Panel D-I5 : une erreur mineure.
  - IQQ Hue : tracé bipolaire tritan.
  - Anomaloscope : N - ; Q = Q,62 - Q,75.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.4I et 42 courbe W).

Au total parmi nos 6 cas de chorio-rétinite séreuse

séreuse centrale nous avons retrouvé à chaque fois un déficit bleu-jaune, de gravité variable, avec quotient pseudo-protanomalique.

Quant aux courbes d'E.L.R. :

1°) par comparaison directe : elles sont à peu près normales.

2°) par papillotement : elles montrent des facteurs assez élevés pour les longueurs d'onde courtes.

D) CHORIOIDITE MACULAIRE.

Obs. I7 . O.A., âgé de 3I ans.

- Antécédents : il y a 7 ans qu'ont débuté les troubles visuels : diminution de l'acuité, scotome positif brunâtre avec légère métamorphopsie à l'oeil droit.
  A signaler une tuberculose pulmonaire évolutive découverte 1 an après le début de la lésion oculaire.
- Examen ophtalmologique :
  - Acuité visuelle : O.G. IO/IOe
    O.D. : 8/IOe en vision paracentrale.
  - F.O. : O.G. : deux lésions arrondies, blanchâtres avec fin piqueté pigmentaire dans le fond et sur les bords, l'une de siège maculaire l'autre de siège sous maculaire.
  - Champ visuel : (O.G.) : un scotome central et un scotome paracentral au-dessus du précédent.
  - Examen du sens chromatique : (O.G.)
    - Ishihara : toutes les planches sont lues normalement.
    - Tritan-plate : normal
    - H.R.R. : normal
    - Panel D-I5 test : 2 confusions tritanes, retest : erreurs mineures
    - IOO Hue : tracé bipolaire intermédiaire entre deutan et tritan, chiffre-index : 220.
    - Anomaloscope : N +.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

La courbe d'E.L.R. n'a pu être faite que par comparaison directe, le papillotement n'étant pas perçu (fig.43, courbe O`

Cette courbe est normale, mais le malade a une fixation excentrique, (et peut être explore-t-on ainsi une zone paracentrale indemne).

E) OEDEME PAPILLAIRE ACCOMPAGNE.

Obs. I8 . D.V.M. âgée de 36 ans.

- Antécédents : diminution récente de l'acuité visuelle, céphalées à maximum occipital plus anciennes A été opérée d'un néo du sein il y a 4 ans (et une intervention neuro-chirugicale devait révéler ici de nombreuses métastases cérébrales).
- Examen ophtalmologique :
  - Acuité visuelle : O.D. : 3/IOe
    O.G. : 4/IOe
  - F.O. : gros oedème papillaire bilatéral en chou-fleur, avec hémorragies et oedème maculaires, veines très turgescentes. Le tout prédominant à Dte.
  - Champ visuel : (O.D.G.) élargissement de la tache de Mariotte, hémianopsie binasale inférieure.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.) :
    - Ishihara : S + ; C : 3 +, 1 pa ; E : L -, 3 + ; CE - ; P - ; D +.
    - Tritan-plate ; carré bleu non vu.
    - H.R.R. : strong R.G. defect + strong B.Y. defect.
    - Panel D-I5 : toutes les confusions d'axe tritan.
    - IOO Hue : tracé très anarchique, bipolaire d'axe tritan, chiffre-index : 5I7.
    - Anomaloscope : N -, Q : O,47 - O,66.

En conclusion : déficit d'axe bleu-jaune au stade dichromatique avec quotient de type protanomalique.

La courbe d'E.L.R. (fig. 44 courbe De. Va) est franchement anormale avec des facteurs trop élevés à partir de 58O, et trop bas au-dessous de 58O nm, avec déplacement du maximum vers le rouge. Il y a donc une diminution de la visibilité dans le bleu et une augmentation par contre dans le rouge.

F) DIABETE

Obs. I9 . De R.D., âgé de I6 ans.

- Antécédents : diabète grave, traité par insuline.
- Examen ophtalmologique :
  - Acuité visuelle : O.D.G. IO/IOe sans correction.

- F.O.D.G. : strictement normaux, pas de rétinopathie diabétique.
- Cristallins indemnes.
- Examen du sens chromatique : (O.D.)

  - Ishihara : normal.
  - tritan-plate : normal.
  - H.R.R. : normal.
  - Panel D-15 : normal.
  - 100 Hue : ébauche d'un tracé monopolaire tritan, chiffre-index ; 89.
  - Anomaloscope : N +, Q = 0,8.

En conclusion : sens chromatique normal ou très peu touché.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.45 et 46, courbe De.Ra)

Obs. 20 . Di R.M., âgée de 26 ans.

- Antécédents : diabète connu depuis 4 ans, traité par insuline et régime.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : 10/10e O.D.G. sans correction.
  - F.O. : pas de rétinopathie diabétique.
  - Cristallins indemnes.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)

    - Ishihara : normal.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : normal.
    - Panel D-15 : normal.
    - 100 Hue : tracé normal, chiffre-index : 35
    - Anomaloscope : N +, Q = 0,90 - 0,94.

En conclusion : sens chromatique normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 45 et 46, courbe Di).

Obs. 21 . M.O., âgé de 73 ans.

- Antécédents : diabète découvert il y a 9 ans, traité par les sulfamides hypglycémiants, n'a jamais eu d'insuline.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. amblyope.
    O.G. 8/10e avec + 2,50.

- F.O.D.G. : pas de rétinopathie diabétique.
- Sclérose cristallinienne importante.
- Examen du sens chromatique. (O.G.)

  - Ishihara : normal.
  - Tritan-plate : normal.
  - Panel D-I5 : test très anarchique, confusions intermédiaires entre deutan et tritan.
  - Anomaloscope : N +.

En conclusion sens chromatique pratiquement normal ou très peu touché.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 45 et 46, courbe M.).

Obs. 22 . V.D.S.Y. âgée de 53 ans.

-Antécédents : rétinopathie diabétique connue depuis I955.
-Examen ophtalmologique :

- Acuité visuelle : O.D. 5/IOe
  O.G. 7/IOe
  porte O.D.G. - 1
- F.O. : rétinopathie diabétique plus marquée à droite qu'à gauche, mais peu importante dans l'ensemble.
- Cataracte sous-capsulaire antérieure et surtout sous-capsulaire postérieure.
- Examen du sens chromatique; (O.D.)

  - Ishihara : normal.
  - Tritan-plate : normal.
  - H.R.R. : normal.
  - Panel D-I5 : erreurs de type tritan.
  - IOO Hue : tracé bipolaire tritan, chiffre index : 28I.
  - Anomaloscope : N +.

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

Les courbes d'EL.R. ont été faites (fig.45 et 46, courbe V.D.S.).

Obs. 23 . Ve J. âgé de 24 ans.

- Antécédents : diabète découvert il y a 8 ans, traité par insuline et régime. A eu plusieurs accidents hypoglycémiques avec coma, récemment au décours de l'un d'eux : une hémiparésie gauche régessive.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. : IO/IOe
    O.G. : 7/IOe
  - Cristallins indemnes.
  - F.O. : O.G. rétinopathie diabétique, aspect de pré-thrombose de la veine temporale supérieure, gaines de périphlébite par ailleurs.
  - Examen du sens chromatique (O.G.)

    - Ishihara : S + ; C : 2 +, 2 - ; E : 4 - ; CE 2 - ; P - : D -.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : pratiquement normal.
    - Planel D-I5 : normal
    - IOO Hue : ébauche de tracé bipolaire tritan, chiffre-index : 9O.
    - Anomaloscope : N +, Q = 0,59 - 0,9.

En conclusion : début d'une dyschromatopsie d'axe bleu-jaune.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 45 et 46, courbe Ve).

Au total parmi nos 5 diabétiques nous avons trouvé une dyschromatopsie d'axe bleu-jaune dans les deux cas comportant une rétinopathie diabétique.

- Les courbes d'E.L.R. montrent à la comparaison directe et au papillotement des valeurs relativement élevées dans le bleu. Mais dans le reste du spectre, elles sont approximativement normales.

G) MYOPIE.

Obs. 24 . De M.L., âgé de 23 ans.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D.G. : IO/IOe avec - 3,5O (O°-1)
  - F.O.D.G. : normaux, pas de choroïdes myopique.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)

    - Ishihara : normal.
    - Panel D-I5 : normal.
    - IOO Hue : tracé normal, chiffre-index : 3O.
    - Anomaloscope : N +.

En conclusion : sens chromatique normal.

Les courbes d'E.L R. ont été faites (fig. 47 et 48, courbe De M.).

Obs. 24bis. De Ro. A., âgé de 34 ans.

- Myopie de : 6 dioptries. (O.D.G.)
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D.G. avec - 6 D. : IO/IOe
  - F.O.D.G. : pas de choroïdose myopique .
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)
    - Ishihara : normal.
    - Tritan-plate : normal
    - H.R.R. : normal
    - Panel D-I5 : tracé normal.
    - IOO Hue : tracé normal. Chiffre-index 30.
    - Anomaloscope : N +

En conclusion : sens chromatique strictement normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.47-48, courbe De Ro).

Obs. 25 . De Vo. R., âgé de 22 ans.

Myope portant : O.D. : - 7 (40° - 0,50)
O.G. : - 6,5 (30° - 0,50)

- Antécédents : décollement de rétine O.G. en septembre I960, de siège temporal inférieur, traité par diathermo-coagulation, acuité visuelle actuelle 7/IOe avec correction (O.G)
  - décollement de rétine O.D. en novembre I960 : de siège temporal inférieur avec au champ visuel une amputation en quadrant nasal inférieur diathermo-coagulation. Acuité visuelle actuelle 5/IOe avec correction (O.D.)
- Examen du sens chromatique (O.D.)

  - Ishihara : normal, les planches de contre-épreuve ne sont pas lues.
  - Tritan-plate : le carré vert est vu jaune, sans plus.
  - H.R.R. : normal.
  - Panel D-I5 : erreurs mineures tritan.
  - IOO Hue : pas d'accumulation caractéristique, chiffre-index : 93.
  - Anomaloscope : N +

En conclusion : sens chromatique normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.47 et 48, courbe De VO.)

Obs. 26 . V.H.E., âgé de I8 ans.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D.G. avec - 9,5O = IO/IOe
  - F.O.D.G. : pas de choroïdose myopique.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)

    - Ishihara : normal.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : normal.
    - Panel D-I5 : erreurs mineures tritan.
    - IOO Hue : pas d'accumulation caractéristique, chiffre-index : I84.
    - Anomaloscope : N +, Q = I,25 - I,5O.

  En conclusion : léger déficit d'axe bleu-jaune.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 47 et 48, courbe V.H.).

Au total parmi nos 4 observations de myopie nous n'avons trouvé qu'un seul cas de déficit bleu-jaune, en fait très discret.

Quant aux courbes d'E.L.R. elles montrent :

- Par comparaison directe : des facteurs de visibilité normaux dans le bleu, il paraît y avoir une augmentation de la visibilité vers 64O nm.

- Par papillotement : tout est normal.

Ces courbes ont dans l'ensemble une autre forme que chez les sujets normaux, elles présentent en effet une translation du maximum vers les longueurs d'onde longues sans que les extrêmités soient modifiées.

I) ALBINISME ISOLE.

Obs. 27 . Vu. F., âgé de 2I ans.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : I2/IOe O.D.G.
  - F.O.: albinisme du fond d'oeil uniquement.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)

    - Ishihara : normal.
    - tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : normal.

- Panel D-15 : tracé normal.
- 100 Hue : tracé normal, chiffre-index : 12
- Anomaloscope : N +

En conclusion : le sens chromatique est strictement normal.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig.49 et 50, courbe Vu), elles montrent un déplacement du maximum de sensibilité vers le rouge.

Ceci étant en accord avec les constatations électrorétinographiques de Dodt, Copenhaver et Gunkel (1959).

J) GLAUCOME.

Obs. 28 . S. M., âgé de 55 ans.

Glaucome chronique, bilatéral, à angle ouvert.

- Antécédents : lésions de préthrombose veineuse à l'O.G. pas d'hypertension artérielle, ni diabète
  Antécédent familial : 1 soeur glaucomateuse (Obs. 29 V.J.)
- Examen ophtalmologique :
  - Acuité visuelle : 10/10e O.D.G. sans correction.
  - F.O.D.G. : papilles non excavées, ni atrophiques.
  - tension oculaire corrigée : O.D. : 33 mm. Hg, OG 30 mm HG.
  - Gonioscopie : angle ouvert et normal. (ODG)
  - Examen du sens chromatique : (OD)

    - Ishihara : S + ; C : 2 +, 1 pa, 1 - ; E : 2 +, 2 - ; CE : 2 - ; P + ; D +.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : normal.
    - Panel D-15 : normal.
    - 100 Hue : tracé monopolaire tritan, chiffre-index : 195.
    - Anomaloscope : N +

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

La courbe d'E.L.R. a été faite (fig. 51 courbes S.)

Obs. 29 . V.J., âgée de 39 ans.

Glaucome chronique bilatéral à angle ouvert.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. : 6/10e ; O.G. : 10/10e

- F.O. : papilles fortement excavées.
- Tension oculaire : (corrigée)
  O.D. : 41 mm. Hg.
  O.G. : 40 mm. Hg.
- Gonioscopie : angles normaux, bien ouverts.
- Champ visuel : encoche nasale inférieure, O.D.G., et même temporale inférieure gauche.
- Examen du sens chromatique : (O.D.)

  - Ishihara : seule la planche de simulation est lue.
  - Tritan-plate : carré bleu non lu.
  - H.R.R. : planches de démonstration non lues.
  - Panel D-15 : erreurs mineures tritan.
  - 100 Hue : tracé bipolaire tritan intermédiaire entre deutan et tritan, chiffre-index :210
  - Anomaloscope : N +

En conclusion : déficit bleu-jaune au stade trichromatique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 51 et 52 courbe V.).

Au total dans nos 2 cas de glaucome nous avons observé un déficit bleu-jaune.

Quant aux courbes d'E.L.R., par comparaison directe : elles sont normales par papillotement la courbe (Vo) présente des facteurs assez élevés dans le bleu.

Nous n'avons cité que ces 2 cas, n'ayant pu faire dans d'autres de courbes d'E.L.R. souvent en raison de l'altération importante du champ visuel et de l'acuité.

K) AFFECTIONS DU NERF OPTIQUE.

I - MALADIE DE LEBER.

Obs. 30 . De. E., âgé de 17 ans.

- Antécédents : début brutal en janvier 1961 par une diminution rapide de l'acuité visuelle. On retrouve de nombreux cas familiaux : dont la grand'mère maternelle et ses deux frères.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. compte les doigts à 50 cm. O.G. compte les doigts à 2 m.

  - F.O. : O.D. papille aux bords un peu flous, non atrophique.

- F.O. : O.G. papille aux bords également flous, elle est de plus légèrement oedématiée non atrophique.
- Champ visuel : (O.D.G.) scotome central, limites périphériques normales.
- Examen du sens chromatique : (O.G.)

  - Ishihara : seule la planche de simulation est lue.
  - Tritan-plate : carré bleu non vu, le carré "vert" est vu rouge.
  - H.R.R. strong R.G. defect (protan) + strong B.Y. defect.
  - Panel D-I5 : toutes les confusions d'axe intermédiaire entre protan et deutan.
  - I00 Hue : tracé bipolaire intermédiaire entre protan et deutan, presque protan ; chiffre-index 557.
  - Anomaloscope : N +, Q : O - ∞

En conclusion : déficit rouge-vert au stade dichromatique.

La courbe d'E.L.R. a été faite, par comparaison directe (fig.53) (courbe De.) elle montre des facteurs assez élevés dans le bleu, et assez bas dans le rouge. Des résultats semblables ont été signalés par J.Cox (I960).

II - NEVRITE RETRO-BULBAIRE DE LA SCLEROSE EN PLAQUES :

Obs. 3I . Sch. A., âgé de 37 ans.

- Antécédents : en I957 consulte pour une diminution de l'acuité visuelle, on trouve des papilles pâles surtout sur leur bord temporal, un nystagmus ; l'examen neurologique met en évidence des signes de sclérose en plaques, il a eu depuis plusieurs poussées évolutives.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. : 7/I0e
    O.G. : 3/I0e
  - F.O.D.G. : papilles pâles, atrophiques surtout à gauche.
  - Champ visuel : scotome central à gauche
  - Examen du sens chromatique : (O.G.)

    - Ishihara : S + ; C : 2 +, 2 - ; E : 3 +, 1 - ; CE : 1 +, 1 - ; P + ; D -.
    - Tritan-plate : normal.
    - Panel D-I5 : quelques confusions d'axe deutan.

- 100 hue : tracé bipolaire deutan, chiffre-index : 229.
- Anomaloscope : N +, Q : 0,9 - 1,2.

En conclusion : déficit rouge-vert au stade trichromatique.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe (fig. 54, courbe Sch.)

Obs. 31 bis . St.T, âgé de 21 ans.

- Antécédents : début en novembre 1959 par une diminution de l'acuité visuelle à l'oeil droit précédée de douleurs aux mouvements oculaires. Ultérieurement plusieurs poussées évolutives ont eu lieu, toujours à l'oeil droit.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. 1/10e
    O.G. 10/10e
  - F.O. : segment temporal de la papille à droite pâle mais pas d'atrophie.
  - Champ visuel : énorme scotome cæco-central à droite à gauche champ visuel normal.
  - Examen du sens chromatique : (O.D.)

    - Ishihara : toutes les planches sont lues à l'exeption des planches de contre-epreuve.
    - Tritan-plate : normal.
    - H.R.R. : quelques erreurs dans le rouge-vert.
    - Panel D-15 : normal.
    - 100 Hue : ébauche de tracé bipolaire deutan, chiffre-index : 68.
    - Anomaloscope : N +

En conclusion : léger déficit rouge-vert au stade trichromatique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 54 et 55, courbes St).

Obs 32 . VI. G. âgée de 18 ans.

- Antécédents : début à l'oeil droit il y a 1 an, à gauche il y a quelques jours.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.G. compte les doigts à 2 m.
    O.D. 7/10e.

- F.O. : O.G. papille floue
  O.D. papille pâle et atrophique surtout dans le secteur temporal.
- Champ visuel : gros scotome central à gauche.
- Examen du sens chromatique (O.G.)

  - Ishihara : aucune des planches n'est lue.
  - H.R.R. : les planches de démonstration ne sont pas lues.
  - Panel D-I5 ; toutes les confusions d'axe deutan (avec de nombreux entrecroisements).
  - Anomaloscope : N +, Q : O - ∞

En conclusion : déficit vert-rouge au stade dichromatique.

La malade est revue 1 mois plus tard, l'acuité visuelle est remontée à 6/IOe, le scotome central n'est plus retrouvé, le sens chromatique est redevenu pratiquement normal.

Des courbes d'E.L.R. par comparaison directe, ont été faites l'une lors de la poussée, l'autre à la phase de régression (fig. 54 et 56, courbes Go.).

Obs. 33 . Ve G., âgé de 4I ans.

- Antécédents : début à l'oeil droit il y a I2 ans, on découvre alors une sclérose en plaques. Atteinte de l'oeil gauche il y a 1 an.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. : 3/IOe
    O.G. : 7/IOe
  - F.O.D.G. : papille pâle surtout dans le secteur temporal avec aspect atrophique plus marqué à droite.
  - Champ visuel : O.G. scotome caeco-central
    O.D. scotome central, plus étendu pour le rouge.
  - Examen du sens chromatique (O.D.)

    - Ishihara : S + ; C : 2 +, 1 -, 1 pa ; E : 2 +, 2 - ; CE : 2 - ; P - ; D -.
    - Tritan-plate : carré vert non vu.
    - H.R.R. : mild R.G. defect.
    - Panel D-I5 : toutes les confusions d'axe deutan.
    - IOO Hue : tracé anarchique, chiffre-index : 722.
    - Anomaloscope : N + , Q : 0,66 - I,72.

En conclusion : déficit rouge-vert au stade dichromatique.

La courbe d'E.L.R. a été faite par comparaison directe - (le papillotement n'étant pas perçu),(fig 54 courbe Ve).

Au total parmi ces 4 observations de névrite rétrobulbaire de la sclérose en plaques nous avons trouvé dans tous les cas un déficit rouge-vert, de gravité variable.

Les courbes d'E.L.R. faites : (fig. 54 et 55).

1) par comparaison directe : sont normales.
Dans 2 cas on retrouve des facteurs assez bas entre 540 et 620 nm.

2) par papillotement : sont normales.

III. Autre cas de NEVRITE RETROBULBAIRE :

Obs. 34 . L.E., âgé de 53 ans.

- Antécédents : début, fin juillet 1960 par une diminution de l'acuité visuelle à I/IOe des deux côtés en 8 jours. L'examen neurologique a montré des signes de polynévrite des membres inférieurs d'origine indéterminée.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. et O.G. = I/IOe
  - F.O. : papilles pâles dans leur segment temporal à bords nets, vaisseaux normaux.
  - Champ visuel : scotome central bilatéral plus important à gauche.
  - Examen du sens chromatique : (O.G.)

    - Ishihara : seule la planche de simulation est lue.
    - Tritan-plate : carré bleu non vu.
    - H.R.R. : strong R.G. defect.
    - Panel D-I5 : toutes les confusions deutan.
    - IOO Hue : tracé intermédiaire entre deutan et tritan, chiffre-index : 505.

En conclusion : déficit rouge-vert au stade dichromatique.

La courbe d'E.L.R. par comparaison directe a été faite.

Elle est semblable à celles trouvées dans les cas de névrite rétrobulbaire de la sclérose en plaques.

IV - ATROPHIES OPTIQUES :

Obs. 35 . F.A., âgé de 56 ans.

- Antécédents : diminution de l'acuité visuelle récente.

Enquête étiologique négative, hormis la notion d'un terrain artérioscléreux.

- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : (O.D.) = 3/10e
    (O.G.) = 1/10e
  - F.O. : papilles très pâles surtout dans le segment temporal.
  - Champ visuel : Scotome central plus important à gauche.
  - Examen du sens chromatique :

    - Ishihara : S + ; C : 1 +, 3 pa ; E : 4 - ; CE : 2 -; P - ; D -.
    - Tritan-plate : carré vert non vu.
    - Panel D-15 : toutes les confusions deutan.
    - 100 Hue : tracé bipolaire deutan, chiffre-index : 200
    - Anomaloscope : N +; Q = 0 - ∞, le rouge pur est égalisé avec 10 et le vert pur avec 25.

En conclusion : déficit rouge-vert au stade dichromatique.

La courbe d'E.L.R. par comparaison directe a été faite (fig. 57 courbe F).

Obs. 36 . W.M., âgé de 27 ans.

- Antécédents : hérédo-syphilis ; aurait eu une méningite à l'âge de 3 mois, le F.O. aurait été trouvé anormal au décours.
  Début des troubles oculaires vers l'âge de 7 ans.
- Examen ophtalmologique :

  - Acuité visuelle : O.D. (en divergence) perception lumineuse.
    O.G. : 2/10e avec - 7 (60° - 2)
  - Examen du segment antérieur : kératite, parenchymateuse plus marquée à droite.
    Réflexes photomoteurs ébauchés.
  - F.O.D.G. : atrophie optique bilatérale. Chorio-rétinite syphilitique.
  - Examen du sens chromatique : (O.G.)

    - Ishihara : seule la planche de simulation est lue.
    - Tritan-plate : carré bleu non vu.
    - Panel D-15 : toutes les confusions deutan.
    - Anomaloscope : N +, Q : 0 - ∞ (73/1, 0/10).

Ceci permet de supposer une courbe d'E.L.R. déplacée vers la protanopie.

En conclusion : déficit vert-rouge au stade dichromatique.

Les courbes d'E.L.R. ont été faites (fig. 57 et 58, courbe W.)

Au total nous avons trouvé dans ces 2 cas d'atrophie optique un déficit rouge-vert accentué, au stade dichromatique. Nous avons pu constater également dans certaines observations précédentes que les déficits rouge-vert les plus accentués correspondaient souvent aux cas où la papille était déjà atrophique, notamment dans la névrite rétro-bulbaire de la sclérose en plaques.

Quant aux courbes d'E.L.R. faites par comparaison directe (très souvent ces patients avaient une fréquence de fusion basse ne permettant pas l'utilisation du papillotement) elles sont à peu près normales. On trouve des facteurs assez bas entre 540 et 620 nm.

Toutefois chez W. on trouve des facteurs assez bas dans toute la moitié froide du spectre. Mais il faut signaler que chez ce dernier l'atrophie optique n'est pas isolée, et qu'il y a notamment une altération du segment antérieur.

C O N C L U S I O N S

Nous voudrions souligner encore tout l'intérêt clinique que comporte la recherche des déficits chromatiques dans de nombreuses affections oculaires.

En effet la découverte d'une dyschromatopsie acquise peut être utile parfois au diagnostic différentiel lorsque l'examen ophtalmologique fournit encore peu d'éléments : c'est le cas, nous l'avons vu, de lésions maculaires à leur tout début ou encore de névrites retro-bulbaires.

Mais le déficit coloré peut également constituer un élément non négligeable pour surveiller l'évolution.

De plus la nature des déficits acquis permet parfois de préjuger du siège des lésions en cause, et il est intéressant de constater que ces localisations ont été souvent confirmées par l'anatomopathologie.

Quant aux courbes spectrales d'efficacité lumineuse relative photopique dans les dyschromatopsies acquises, nous les avons effectuées au moyen d'un colorimètre de Helmholtz, par les méthodes de comparaison directe et de papillotement. L'ensemble des 37 cas examinés nous a fourni des renseignements intéressants et cohérents.

Dans les principales affections du nerf optique nous avons trouvé non seulement des courbes normales mais parfois aussi des courbes nettement anormales avec des facteurs diminués dans le rouge et augmentés dans le bleu. Ceci doit-être souligné puisque la plupart des auteurs soutiennent que la fonction d'E.L.R. serait toujours normale dans les atteintes du nerf optique.

Dans un cas d'albinisme, nous avons constaté une translation nette de la courbe d'E.L.R. vers les longueurs d'onde longues.

Dans une forme bien particulière de dégénérescence maculaire juvénile (avec destruction des mécanismes photopiques) donnant lieu à une dyschromatopsie acquise d'axe rouge-vert, nous avons trouvé une courbe présentant une translation vers les longueurs d'onde courtes de telle sorte qu'elle coïncidait presque avec la courbe scotopique.

Dans les autres affections chorio-rétiniennes (chorio-rétinite séreuse centrale, choroïdite maculaire, dégénérescences tapéto-rétiniennes périphériques et centrales, myopie), ainsi que dans le glaucome, nous n'avons pas retrouvé la diminution

dans le bleu, décrite par les auteurs. Mais nous devons reconnaître que nos courbes ne sont réellement significatives que dans la moitié chaude du spectre, les valeurs se rapportant à la moitié froide étant sujettes à caution. Ceci s'explique par le niveau lumineux assez bas que nous avons employé mais aussi par l'existence d'une fixation très souvent excentrée chez les patients atteints de lésions maculaires.

Une étude faite sur un plus grand nombre de cas et dans des conditions techniques améliorées donnerait des résultats encore plus précis. L'ensemble de ces renseignements pourra peut-être alors enrichir nos connaissances sur les mécanismes physiopathologiques responsables de l'altération des fonctions visuelles dans les affections oculaires. Il aidera notamment à préciser en quelle mesure cette altération est dûe à une atteinte des milieux préréceptoraux, des différents types de photo-récepteurs et des neurones de transmission.

Vu, le Doyen :

BINET

Vu, le Président :

Gabriel RENARD

Vu, le Recteur :

SARRAILH

B I B L I O G R A P H I E

ALEXANDER G.L., Valeur diagnostique des champs visuels aux couleurs en neuro-chirurgie, Ann. Ocul. I90, n° IO, 783, I957.

BEDFORD R. and WYSZECKI G., Luminosity Functions for Various Field sizes ans Levels of retinal Illuminance, J.opt. Soc.Amer., 48, 406-4II,I958.

BLOTTIAU F., L'étude visuelle des lumières colorées, Cahiers de Phys n° 6, 27, I94I.

BLOTTIAU F., Les variations de la fonction de visibilité relative, Cahiers de phys. n° 22, 38, I944.

BOUMA P.J., Les couleurs et leur perception visuelle (Biblioth. technique Philips) I949.

BOZZONI E., Contributo alla conoscenza delle discromatopsie acquicit Boll. Oculist. 38/4, 297-306, I959.

COBLENTZ W. et EMERSON W., The relative sensibility of the average eye to light of different colours, Bull. Bur. Stand. I4, I67, 237, I9I8.

COLLINS W., Luminosity Functions of Normal, deuteranomalous and Deureranopic Subjects as Determined by absolute Threshold and CFF measurements, J. opt. Soc. Amer. 5I, 202-206, I96I.

COX J., Colour vision devects acquired in diseases of the eye, London imperial college of science and technology I959.

CRONE R.A., La sensibilité spectrale chez les sujets présentant une déficience de la perception des couleurs et chez les porteurs hétérozygotes, Am. J. ophth. 48 n° 2, 23I-238, Aout I959.

CRONE R.A., Diagnosis of defective color vision, Am. J. ophth. 5I n° 2, 298-305, feb.I96I.

CROZIER W.J., On the visibility of radiation at human fovea, the Journal of General Physiology n° I, 87-I35, sept. 20, I950.

DILLON D et ZEGERS R., Quantal Determination and Statistical Evaluation of Absolute foveal luminosity Thresholds and of Threshold Variability, J. opt. Soc. Amer. 48, 877-883, I958.

DODT E., COPENHAVER R. and GUNKEL R., Electroretinographic measurement of the spectral sensitivity in albinos caucasiens and negroes, Arch. Ophthal. (Chicago) 62, 795-803, I959.

DUBOIS-POULSEN A., Un cas d'anomalie de Rayleigh unilatérale consécutive à une choroïdite centrale, Bull. Mém. Soc. Franc. ophtal. 6I, 432-444, I948.

DUBOIS-POULSEN A. et COCHET P., Un cas de dyschromatopsie diabétique Bull. Soc. Ophtal. France, 323-330, I954.

DUBOIS-POULSEN A., in : Mechanisms of Colour Discrimination, 242-248 Pergamon Press, London, I960.

FRANÇOIS J., VERRIEST G. et de ROUCK A., l'achromatopsie congénitale Docum. Ophtal. 9. 338-424,I955.

FRANÇOIS J., VERRIEST G. et de ROUCK A., Les fonctions visuelles dans les dégénérescences tapéto-rétiniennes, Bibl. ophtal. 43, I-86, I956.

FRANÇOIS J. et VERRIEST G. , La détection à l'aide des tests de Farnsworth des dyschromatopsies acquises dans les dégénérescences tapéto-rétiniennes, Bull. Soc. Belge Ophtal. II3, 38I-398, I956.

FRANÇOIS J., VERRIEST G., DE ROUCK A. et HUMBLET M., Dégénérescence maculaire juvénile avec atteinte prédominante de la vision photopique, Ophtalmologica, I3I, 393-402, I956.

FRANÇOIS J. et VERRIEST G., Classification et symptomatologie des dyschromatopsies acquises, Bull. Soc. Belge Ophtal. II6, 35I-392, I957.

FRANÇOIS J. et VERRIEST G., Les dyschromatopsies acquises, Ann. Oculist. I90, 7I3-746, 8I2-859, 803-943, I957.

FRANÇOIS J., VERRIEST G. et DE ROUCK A., Les fonctions visuelles dans le glaucome congénital. Ann. Oculist. I89, 8I-I07, I957.

FRANÇOIS J. VERRIEST G., MORTIER V., et VANDERNDONCK R., De la fréquence des dyschromatopsies congénitales chez l'homme. Ann.Ocul. I90/I, 5-I6, I957.

FRANÇOIS J., VERRIEST G., Contribution à l'étude des dyschromatopsies congénitales à symptômes intermédiaires entre ceux des systèmes dichromatiques classiques et ceux de l'achromatopsie typique : observations personnelles et revue de la littérature, Ann. Ocul. II8, N° 2, 8I-I20, I959.

FRANÇOIS J., RENARD G. et VERRIEST G., L'achromatopsie congénitale typique et son diagnostic clinique, Arch. ophtal. (Paris) I9/3, 245-256, I959.

FRANÇOIS J. et VERRIEST G., Les dyschromatopsies acquises dans le glaucome primaire, Ann. Oculist. I92 ; I9I-I99, I959.

FRANÇOIS J., VERRIEST G., FRANÇOIS P. et ASSEMAN R., Etude comparative des dyschromatopsies acquises associées aux différents types d'atrophie optique hérédo-familiale, Ann. Oculist. I94 2I7-235, mars I96I.

FRANÇOIS J., On acquired defectiveness of colour vision, Journal of vision research (en impression).

FRY G., Color sensations produced by intermittent white light and the three-component theory of color vision, Amer.J.Psychol. 47, 409-469,I935.

GALEZOWSKI, Du diagnostic des maladies des yeux par la chromatopsie rétinienne, Paris, I868, et Gazette des Hôpitaux, I87I.

GALIFRET Y. et PIERON H., De l'erreur systématique que comporte la méthode du papillotement en photométrie hétérochrome, Revue d'Optique, 36, n°4, I57-I70, I957.

GIBSON K. et TYNDALL E., Visibility of Radiant Energy, Bull. Bur. Stand. I9, I3I, I923.

HELMHOLTZ H. von, Handbuch der physiologischen Optik, Hamburg, Leipzig, I856, I860, I866, I896, I9II.

HONG S.M., Experimental studies on the acquired color sense disturbance Acta Med. Jap. 25 ; 239-250, I955.

HONG S.M., Types of Acquired Color Vision Defects, Arch. Ophtal. (Chicago) 58, 505-509, I957.

HSIA Y. et GRAHAM CH., Spectral luminosity curves for protanopic and normal subjects, Proc. nat. Acad. Sci. 43, I0II-I0I9,I957.

JAEGER W., et NOVER A., Störungen des Lichtsinns und Farbensinns bei chorioretinits centralis serosa, V.Graefes Arch. Ophthal. I52, III-I20, I95I.

JAEGER W., Dominant vererbte opticusatrophie (Unter besonderer Berücksichtigung der dabei vorhandenen Farbensinnstörung). V. Graefes Arch. Ophthal. I55, 457-484,I954.

JAEGER W., Tritoformen angeborener und erworbener Farbensinnestörungen Die Farbe, 4, I97-2I5, I955.

JAEGER W., Defective Colour-Vision caused by Eye Disease, Trans. ophthal. Soc. U.K. 76, 477-489, I956.

KINNEY J., Comparison of Scotopic, Mesopic and Photopic Spectral Sensitivity Curves, J. Opt. Soc. Amer. 48, I85-I90, I958.

KRIES J. von, Uber Farbensysteme, Z. Psychol. Physiol. Sinnesorgane, I3, 24I-324, I897.

KRIES J. von, Normale und anomale Farbensysteme, Helmh. Hdb. Physiol. Opt. 2, 347, I9II.

LANDOLT E., Uber gleichartige, von der Sehschärfe unabhängige Farbensinnstörung bei Geschwistern mit Maculadegeneration, v. Graefes Arch. Ophthal. I56, 323-327, I955.

LARSEN H., Héméralopie et Akyanopsie (Blaublindheit), Actaophthal. (Kbh.) I, I77-I84, I923.

LE GRAND Y., Sur la précision en photométrie visuelle. Rev. opt. I2, I45, I933.

LE GRAND Y. et GEBLEWICZ E., sur le papillotement en vision latérale. C.R.Ac. Sc., 205, 297, I937.

LE GRAND Y. Sur le rythme apparent du papillotement C.R.Ac.Sc.,204 I590, I937.

LE GRAND Y. et GEBLEWICZ E. Recherches sur la vision latérale, Revue d'opt. I7, 257, I938.

LE GRAND Y., Optique physiologique, Ed. Rev. opt. Paris. T.I., la dioptrique de l'oeil et sa correction, I946, T. II, Lumière et couleurs, I948, T. III, L'espace visuel, I956.

MAXWELL J., On the Theory of Compound Colours and the Relations of the colours of the Spectrum, Phil. Trans. I60, I57-I84, I860

NUEL. Des altérations acquises du sens chromatique. Ann. oculist., I879, t.92, p. 64. Bull. Acad. Med., I879, t. I3, p.372.

OHTA Y., Studies on Acquired Anomalous Color Vision, Report I, On the Color Vision of the Degeneratio Pigmentoso Rétinae, Acta Soc. ophthal. jap. 6I, 950-969, I957 a.

OHTA Y., Studies on Acquired Anomalous Color Vision. Report II. The Relation Between the Normal Vision to the Central Small Field and the Acquired Bleu-Yellow Color Blindness. Acta Soc. ophtal. jap., 6I, 969-975, I957 b.

OHTA Y., Studies on acquired anomalous color vision - Report III. The trial central scotometer. Acta. Soc. ophthal. jap. 5I, 976-979, I957 c.

OHTA Y.,Studies on Acquired Anomalous Color Vision, Report IV. On the Color Vision of the Acquired Color Anomalous Under the Low Luminance. Acta Soc. ophthal. jap. 6I, I666-I670, I957 c.

PERDRIEL G. et GUYARD M., Intérêt du diagnostic des dyschromatopsies congénitales. Soc. ophthal. ouest Tours Ier Juin I959, 59 586-590.

PERDRIEL G., La vision des couleurs dans les fonctions de sécurité. Rev. med. Nancy (Avril) 85, 328-338,I960.

PERDRIEL G., Examen de la vision des couleurs en pratique courante, Entretiens d'ophtalmologie I4 mai, I960.

PERDRIEL G., Intérêt du test de Farnworth I00 Hue dans l'étude des lésions maculaires et des névrites rétrobulbaires. Bull. Soc. Ophtal. France, 352-356, I960

PICKFORD R.W., Color vision of three albinos, Nature (Lond.) I8I, 36I-362, I958.

PITT F., Charactéristics of dichromatic vision, with an appendix on anomalous trichromatic vision. Spec. Rep. Ser. Med. Coun. London, 200, I935.

PITT F., The nature of normal trichromatic and dichromatic vision, Proc. roy. Soc. B. I32, I0I-II8, I944.

PITT F., Some aspects of anomalous vision. Docum. ophtal. 3 ; 307-3I7, I949.

POLACK A., Anomalis du sens chromatique. Traité d'opht. T. III. 339-396, I939, Paris (Masson).

RAND G. et RITTLER C., La valeur des planches pseudo-isochromatiques de H.R.R. un test pour détecter, tester et estimer le degré des troubles de la vision des couleurs. Arch. of Ophtal. 56, 5, 736-742, I956.

SLOAN L.L., The effect of intensity of light, state of adaptation of the eye and size of photometric field on the visibility curve. Psychol. Monog. 28, I73, I938.

SLOAN L.L., The use of pseudo-isochromatic charts in détecting central scotomas due to lesions in the conducting pathways, Amer. J.ophth. 25, I942.

SPERLING H. et HSIA Y., Some comparisons among Spectral sensitivity data Obtained in Different Retinal Locations und With Two Sizes of Foveal Stimulus, J. opt. Soc. Amer. 47, 707-7I3,I957.

SPERLING H. et LEWIS W., Some Comparisons between Foveal Spectral Sensitivity Data Obtained at High Brightness and Absolute Threshold. J. opt. Soc. Amer. 49, 983-989, I959.

STILES W. et CRAWFORD B., The liminal Brightness Increment as a function of Wavelenght for Different Conditions of the Foveal and Parafoveal Retina. Proc. Roy. Soc. B. II3, 496-530, I933.

THOMSON L., Foveal color sensitivity. Nature (Lond.) vol.I57, 805, I945.

THOMSON L. et WRIGHT W.D., The colour sensitivity of the retina within the central fovea of man, J. Physiol. (London), I05 3I6, I947.

THOMSON L., The Spectral Sensitivity of the Central Fovea. J. Physiol. (Lond.) II2, II4-I32, I95I.

THOMSON L. et TREZONA, Hue discrimination of the central fovea at various luminance, J. Physiol., London, II2, 32, I95I.

VERREY A., Variation du sens chromatique dans les dyschromatopsies acquises. Equivalence de ces états avec les diverses formes de dyschromatopsie congénitale. Arch. ophtal. Paris 43, 6I2, I926.

VERRIEST G., Rôle éventuel joué par les phénomènes de contraste dans les différences entre les courbes d'efficacité lumineuse déterminées par la méthode de comparaison directe et par la méthode de papillotement. Revue d'optique 37, 497-500, I958.

VERRIEST G., Studie over de achromatische gezichtsfuncties in de congenitale sensoriële anomalieën van het menselijk oog en bij sommige Amphibia en Reptilia. Arscia, Brussel, I960.

VERRIEST G., Contribution à l'étude de la corrélation entre le quotient d'anomalie et l'étendue des confusions colorimètriques dans les systèmes trichromatiques anormaux congénitaux. Revue d'optique 39, 467-47I, I960.

WAARDENBURG P., Atrophie congénitale du nerf optique avec troubles du sens des couleurs, caractère héréditaire récessif. J.Génét. hum. 5, 99-I05, I956.

WALD, BURIAN, The dissociation of form., vision and light perception in strabismic amblyopia, Amer. J. ophthal. 27, 950-963, I944.

WALTERS H. et WRIGHT W., The spectral Sensitivity of the Foves and Extrafovea in the Purkinje Range, Proc. Roy. Soc. B. I3I, 340-36I, I943.

WEALE R., The Foveal and Para-central Spectral Sensitivities in Man. J. Physiol. (London) II4, 435-446, I95I.

WEALE R., Spectral Sensitivity and Wave-Lenght Discrimination of the Peripheral Retina, J. Physiol. (London) II9, I70-I90, I953.

WEAVER K.J. The visibility of radiation at low intensities, JOSA 27, 36, I937, et 39, 278, I949.

WILLMER E.N., Retinal Structure and colour vision, University Press. I946, (Cambridge).

WILLMER E.N. ; Colour vision in the central fovea, Docum. ophth. vol. 3, I94, I949.

WILLMER E.N., Further observations on the properties of the central fovea in colour blind and normal subjects, J. Physiol. II0 422, I949 (London).

WILLMER E.N., The relationship between Area and threshold in the central fovea for lights of different colours, Quart. J. Exp. Psychol. vol. 2, 53, I950.

WILLMER et WRIGHT, Recherches sur la vision centrale fovéolaire, Nature, London vol. I56, II9, I945.

WRIGHT W.D., The measurement of colour, London I944.

WRIGHT W.D., Researches on normal and defective colour vision, Henry Kimpton, London I946.

WRIGHT W.D., The Charactéristics of tritanopia. J. pot. Soc. Amer. 42, 509-52I, I952.

WRIGHT W.D., Vision défectueuse des couleurs, Brit. Med. Bull.9. n° I, 36-4I, I953.

WRIGHT W.D., Les tests diagnostiques pour la vision des couleurs, Ann. Roy. Coll. Surg. England, 20, n° 3, I77-I9I, mars I957.

ZANEN J., Contribution à l'étude des dyschromatopsies rétiniennes centrales acquises. Bull. Soc. belge opht. Rapport fev. I953.